

다자간 원격 협업을 위한 적응형 전송 기능을 가진 고화질 영상 서비스의 설계 및 구현

정회원 한 상 우*, 종신회원 김 종 원*

Design and Implementation of High-quality Video Service with Adaptive Transport for Multi-party Collaborative Environments

Sangwoo Han* *Regular Member*, JongWon Kim* *Lifelong Member*

요 약

효과적인 원격 협업환경을 구축하기 위해서는 참가자들이 의도하는 바를 사실적으로 전달하여야 하며, 특히 손 동작, 표정, 분위기와 같은 시각적인 감정전달 요소들은 고품질 영상 전달을 통해 상호간에 공유되어야 한다. 본 논문에서는 다자간 공동작업 환경으로 널리 사용되고 있는 액세스그리드(Access Grid, AG)에 기반을 둔 디지털 영상과 고선명 디지털 영상 지원하는 고화질 영상 서비스를 제안하여 협업 환경의 실감성 향상에 기여하고자 한다. 제안하는 영상 서비스는 다양한 영상 코덱과 영상 프로그램을 AG 환경에서 이용할 수 있도록 설계되었으며, AG 노드들에 다양한 영상 서비스를 송수신할 수 있는 세션 묘사 및 공지 프로토콜을 이용한다. 또한 급격한 네트워크 상황 변화에 따른 영상 품질 저하를 최소화하기 위하여 네트워크 적응형 전송 기법을 이용한 디지털 비디오 전송 기능을 제공한다. 이는 종단간 멀티캐스트 네트워크 성능을 지속적으로 감시하고, 네트워크 성능에 따른 송신측 프레임 전송률을 조절한다. 테스트베드에서의 구현 및 실험 결과는 제안하는 서비스가 AG 영상 서비스의 품질을 개선하고 네트워크 변화에 의한 품질저하 현상을 감소시킬 수 있음을 보여준다.

Key Words : Access Grid, high-quality video over IP, adaptive transport, multi-party video conference, advanced collaborative environments

ABSTRACT

To construct seamless collaborative environments, what all participants intent should be delivered, and visual elements such gesture, facial expression, and ambiance should be shared with all participants. In this paper, we propose high-quality video service to support DV(digital video) and HDV(high-definition DV) based on Access Grid(AG) which is a prevalent collaborative system. The proposed service is designed for employing versatile media tools and codecs with SDP(session description protocol) and SAP(session announcement protocol). We also design network-adaptive video transmission module to mitigate the impact of network fluctuation. This periodically monitors multicast performance and controls frame rate on sender side considering network condition. The experimental results over the test bed show that proposed service enhances quality of AG video service and provides seamless high-quality video transport by mitigating the impact of network fluctuation.

* 광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실 (jongwon@gist.ac.kr)
논문번호 : KICS2005-03-114, 접수일자 : 2005년 3월 21일

I. 서론

다자간 협업 환경의 일종인 액세스그리드 (Access Grid: AG)^[1-4]는 미국 아르곤 국립 연구소 (Argonne National Laboratory)에서 개발되고 있는 진보된 협업 기술로써, 다자간 영상회의 서비스, 데이터/서비스/응용프로그램의 공유, 보안성있는 그룹 통신 등 다양한 협업 기술들과 결합하여 e-사이언스 분야에서 널리 사용되고 있다. 원격 협업 환경은 다양한 의사소통 수단들을 원격 협업 환경에서 자연스럽게 이용 가능해야 하며, 영상 정보의 경우 참여자의 얼굴과 의사교환과 관련된 내용물을 표현하는 것뿐만 아니라, 협업 공간의 분위기를 전달하기 위해 협업 공간의 전경과 배경, 다양한 시각을 제공해야 한다^[5]. 하지만 AG는 영상 서비스를 위해서 352x288 25fps급 영상을 송수신하는 VIC (video conference tool)에 의존하고 있으며^[6], 이는 효과적으로 협업 분위기를 전달하기에 부적절한 측면이 있다. 따라서 AG에 영상 부분의 실감성을 보장하기 위한 대용량의 데이터를 처리하고 전송할 수 있는 비디오 코덱 및 전송 시스템이 필요하다. 호주국립 대학에서 개발하고 있는 VP(video presence)^[7]는 다양한 영상 포맷을 지원하고, 다수의 영상을 사용자가 관리하기 쉽도록 만든 AG와 연계 가능한 영상 수신 응용프로그램이다. 지원 가능한 코덱으로는 H.261, H.263+, MJPEG, MPEG4, DV이며 부가적인 편의 기능들을 제공한다. 대만의 국립 고성능컴퓨팅센터에서 개발한 MPEG4 영상 송수신 서비스^[8]와 호주의 퀸스랜드대학교에서 개발한 JPEG 영상 서비스^[9]는 VIC에 영상 코덱을 추가하는 방식으로 AG 영상 서비스를 개선하였다.

본 논문에서는 AG 환경에서 다양한 영상 포맷과 독립적으로 운용되는 영상 응용프로그램을 AG와 연결할 수 있는 인터페이스를 설계하고, 실제로 DV와 HDV를 AG에 연결하는 고화질 영상 서비스를 구현한다. 제안하는 영상 서비스는 서로 다른 멀티캐스트 그룹을 통해서 전달되는 각각의 영상들을 SDP(session announcement protocol)을 통해서 형식화된 메시지로 만든 다음, SAP(session announcement protocol)을 통해서 다른 AG 노드들에게 SDP 메시지를 알림으로써 세션 정보를 공유하고 선택된 영상을 수신할 수 있도록 한다. 또한 인터넷 환경의 트래픽 볼림으로 인한 영상 품질 저하를 최소화하기 위하여, 고화질 영상 서비스는 멀티캐스트 네트워크 모니터링 모듈을 이용하여 응용 계층에서의

점진적인 영상 품질 조절 기법을 시도한다. 주기적으로 동적 모니터링을 실시하여 획득한 네트워크 성능 정보를 기반으로 DV 프레임 전송률을 단계적으로 조절하기 위한 일대다 DV 영상 품질 조절 모듈을 설계하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 고화질 영상 포맷과 프로그램을 소개하고, 3절에서는 적응적인 영상 전송 기법을 이용한 고화질 영상 서비스를 설계한다. 4절에서는 AG와 연동하기 위한 실제적인 구현 방법을 제시한다. 5절에서는 구현물의 설치 및 결과에 관한 논의를 하고, 6절에서 본 논문을 마무리한다.

II. AG 시스템과 적응형 고화질 영상 전송

2.1 AG 시스템의 구조

액세스그리드 툴킷(AG toolkit: AGTk)은 AG에서 지향하는 원격 협업 환경을 구성하기 위한 소프트웨어 툴킷(toolkit)이다. AGTk는 베뉴 서버(venue server), 베뉴 클라이언트(venue client), AG 노드 등 세 부분으로 나눌 수 있다. 베뉴 서버는 다자간 협업 지원을 위한 기반 기술 및 서비스를 위한 구성요소이며, 가상 협업 공간인 베뉴(virtual venue)를 통합 관리하여 원격지에 흩어져 있는 AG 사용자간의 연결고리를 만들어준다. 이 베뉴를 통해서 AG 사용자들은 다자간 미디어 정보를 실시간으로 송수신할 수 있고, 다양한 응용 서비스와 데이터를 공유할 수 있다. 베뉴의 주요 기능으로는 참가자 인증, 베뉴들 간의 연결, 서비스 능력 협상 등이 있으며 구체적인 기능은 표 1과 같다.

베뉴 클라이언트는 베뉴와 연결하여 다른 참가자들과 다자간 원격 협업을 할 수 있도록 해주는 사용자 응용 프로그램이다. 베뉴 클라이언트는 자신의 AG 노드가 제공할 수 있는 미디어 서비스, 공유 데이터 등을 베뉴에 등록한 후, 이를 동일한 베뉴에 접속해 있는 모든 참가자들에게 공개한다. 현재 영상 및 음성 송, 수신 할 수 있는 미디어 서비스 기능과 공유 데이터 및 공유 응용프로그램을 지원하며, 이를 기반으로 화이트보드 기능, 투표 기능, 데스크톱 공유 기능 등 여러 가지 유용한 기능들을 제공한다.

AG 노드는 그리드 자원들의 집합으로 구성된다. 주요 기능으로는 스트리밍 미디어의 전달, 스트리밍 주수의 설정, 미디어 스트림의 설정 등이 있다. 각 노드의 자원들은 노드 서비스(node service)를 통해

표 1. 메뉴 서버의 주요 기능

기능	기능 명세
참가자 인증	협업 공간에 참여하는 사용자들의 신원을 확인하고 접근 제어를 하기 위한 기능이다. 참가자들이 메뉴에 접속 요청을 하면, 참가자의 인증서 (globus certificate)를 확인한 후, 허가된 사용자에게 한해서 메뉴의 접속과 협업 서비스의 공유를 허가한다.
메뉴들 간의 연결	메뉴는 다른 메뉴들과 연결이 가능하며, 전체 연결 형태는 트리(tree)와 같다. 로비(lobby)라 명명된 메뉴에는 여러 종류의 메뉴들로 진입할 수 있는 공간 역할을 하며, 각 메뉴들은 개별적인 목적에 맞게 하위 메뉴들을 포함할 수 있다.
서비스 능력 협상	메뉴는 접속요청을 하는 메뉴 클라이언트에 대해서 그들에게 적합한 협업 서비스를 제공해 주기 위해 능력 협상을 수행한다. 능력 협상이란 각각의 메뉴 클라이언트가 제공하는 서비스의 종류, 목적, 처리 능력을 파악한 뒤, 이와 유사한 능력을 제공하는 다른 메뉴 클라이언트들의 협업 서비스와 연결시켜 준다.

서 외부로 공개되는데, 노드 서비스는 는 서비스들을 통제하기 위한 구성 요소인 서비스 관리자(service manager)를 가지고 있다. 기본적인 노드 서비스로는 오디오/비디오 서비스, 네트워크 성능 측정 서비스, 네트워크 신뢰 및 백업 서비스 등을 제공한다. 사용자는 노드 서비스를 통해서 새로운 서비스를 등록할 수 있는데, 새로운 코덱을 지원하는 비디오 서비스, 자동 성능 적응 서비스, 응용프로그램 호스팅 서비스 등을 지원할 수 있다.

해 세부적인 협업 장면을 묘사하거나 다자간 상호작용의 효율을 높이는데 한계가 있다. 따라서 고품질 영상 서비스에서는 720×480 해상도를 지원하는 DV 포맷^[10]과 HDV 포맷^[13]을 사용한다. 상기 포맷들은 DV, HDV를 지원하는 디지털 캠코더를 이용하여 실시간 영상 획득이 가능하며, 주요 특징은 표 2와 같다. 30Mbps급 DV는 프레임 전송률 측면에서 19.2Mbps급 HDV 포맷보다 높은 처리량을 요구하는데, 이는 압축 방식이 MPEG2에 비해 간단하기 때문이다. 반면 DV는 영상의 부호화 및 복호화 과정에서 발생하는 지연시간이 HDV에 비해 상대적으로 작다. 또한 영상의 부호화에 필요한 CPU 점유율도 MPEG2 방식에 비해 낮기 때문에 시스템 자원의 소모가 적다.

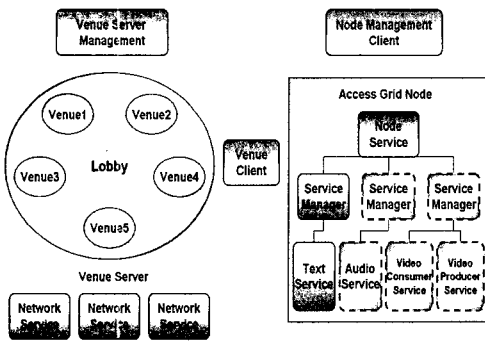


그림 1. AGTk의 구조

2.2 고품질 영상 포맷과 적응형 전송 기법

네트워크 기반의 협업 환경에서 영상 품질 개선을 통한 협업 서비스 품질을 제고하기 위하여, 고품질 영상을 전송하기 위한 영상 포맷과 이를 지원하는 전송 시스템이 요구된다. 첫 번째 고려 사항은 고품질 영상 포맷의 결정이다. 라이브(live) 영상을 실시간으로 전송하기 위해서는 부호화 및 복호화 비용이 저렴해야 하고 실시간 전송이 가능하며 높은 해상도를 지원하는 영상 포맷이어야 한다. AGTk에 포함되어 있는 VIC은 H.261 코덱을 기반하며 해상도는 352×288(CIF: common intermediate format)을 지원한다. 하지만 해상도의 제약으로 인

DVTS(digital video transport system)는 일본의 DVTS Consortium에서 개발된 영상 전송 시스템으로 DV 프레임은 IP/UDP/RTP 패킷으로 변환한 뒤 30Mbps 전송률로 인터넷을 통해 전송한다^[11]. 수신 측 컴퓨터는 자신에게 들어오는 DV 스트림을 모니터 상에 디스플레이 하거나, IEEE 1394 케이블로 연결된 DV 캠코더나 DV 레코더 테크(deck)를 통해 받을 수 있다. DVTS는 프레임 폐기(frame discarding) 기능을 통해 대역폭과 영상 품질을 적절히 조절할 수 있다. 일정한 시간마다 DV 프레임을 폐기한 후 전송하면, 시간적 계위(temporal scalability)와 같은 효과를 낸다. 따라서 재생 시 영상이 일정한 비율로 끊겨서 보이는 현상이 나타나는 대신 소요되는 대역폭은 영상 품질이 낮아진 만큼 절약될 수 있다. VideoLAN Client(VLC)는 DVD(digital versatile disc), 저장된 미디어 파일, 라이브 미디어(live media)에 이르는 다양한 형태의 미디어를 IP 네트워크 상에서 실시간 스트리밍을 해준다^[12]. 특히 VLC 0.7.2 버전 부터는 HDV 캠코더로부터 입력된

표 2. 고화질 영상 포맷의 주요 특징

주요 특징	Digital Video	High-definition Digital Video
해상도	720x480	1280x720
프레임 전송률	30Mbps	19.2Mbps
영상 압축 방식	Intra frame DCT (Discrete Cosine Transform) VLC (Variable Length Coding)	MPEG2
부호화 지연시간	거의 없음	약 0.5초
영상 전송 시스템	DVTS, VideoLAN Client	VideoLAN Client

MPEG2 TS(transport stream) 데이터를 실시간으로 스트리밍할 수 있기 때문에, AG에서 HDV 전송 서비스를 하기에 적합한 영상 전송 시스템이다. 이를 이용하여 네트워크 전송시에 필요한 대역폭은 19.2Mbps이 소요된다.

두 번째 고려사항은 멀티캐스트 기반의 일대다(one-to-many) 영상 분배 환경에서 가변하는 네트워크 상황에 적응적으로 대처하여 분배할 수 있는 기법이다. 일대다 영상 분배 환경에서 송신자와 수신자들 간에 연결되는 네트워크 상태는 서로 다를 수 있으며, 이를 고려하지 않고 일률적으로 영상을 분배할 경우 수신자 각각의 네트워크 성능에 따라 재생되는 영상 품질이 고르지 못하게 된다. 따라서 영상 수신자들의 네트워크 상태를 고려하여, 영상의 품질을 동적으로 조절하고 분배하는 기법이 요구된다. 이를 위하여 다양한 기법들이 제안되었으며, 크게 송신측 적응형 전송 기법(sender-driven adaptation), 수신측 적응형 전송 기법(receiver-driven adaptation), 트랜스코더 기반 전송 기법(transcoder-base adaptation) 등 세 가지로 분류할 수 있다^[17]. 송신측 적응형 전송 기법은 다시 버퍼 기반 적응형 전송과 손실 기반 적응형 전송 기법으로 분류할 수 있다. 버퍼 기반 적응형 전송은 혼잡 상태의 정도를 측정하기 위하여 전송 경로 상에 있는 버퍼의 점유율을 고려한다. 손실 기반 적응형 전송 기법은 수신측의 패킷 손실을 기반으로 전송률을 조절한다. 그 외에도 CSMA/CD 충돌과, 전달 지연(delay)과 지터(jitter)를 고려한 전송률 제어 기법들이 있다. 수신측 적응형 전송 기법은 수신측이 그들의 요구 사항과 능력에 따라 수신율을 개별적으로 조절하도록 한다. 이는 계층적으로 부호화된 영상들의 조합을 기본 계층과 확장 계층으로 나누어 전송하는 체계이다. 기본 계층은 최소한의 서비스 품질을 제공하는 것으로, 수신측의 요구 사항과 능력이 낮을 경우 이 계층의 영상을 수신한다. 확장 계층은 더 나은 서비스 품질을 제공하기 위해 기본 계층과 결합하

여 수신될 수 있으며, 각 계층의 영상들은 분리된 멀티캐스트 그룹(multicast group)을 통해서 전달된다. 트랜스코더 기반 전송 기법은 멀티미디어 게이트웨이(multimedia gateway)를 적절한 위치에 설치하여, 높은 전송률을 수신자 그룹이 수용 가능한 전송률로 변환하여 전송하는 것이다. 수신측에서는 네트워크 혼잡을 동적으로 파악하여 멀티미디어 게이트웨이에게 보고하면, 멀티미디어 게이트웨이는 적응적인 영상 전송을 알고리즘을 이용하여 영상 품질을 조절한다.

III. 적응형 고화질 영상 서비스 설계

3.1 시스템 구조

AG가 지향하는 실감적인 원격 협업 환경은 영상 회의로 인한 이질감을 최소화하여 대면회의를 할 때와 같은 현장감을 제공하여야 한다. 사용자들이 느끼는 협업 서비스의 품질(quality of experience: QoE)은 협업 환경의 적합성, 유효성, 학습 효과, 신뢰성 등에 의해 결정되며, 영상 서비스의 경우 높은 해상도와 건실한 영상 분배가 협업 서비스의 품질을 향상시키기 위한 요소에 포함될 수 있다^[1]. 본 논문에서 제안하는 고화질 영상 서비스는 저렴한 비용으로 고화질 영상을 실시간으로 전송가능하며, 건실한 영상 분배를 위해 네트워크 적응형 영상 전송 기법을 구현한다. 이와 같은 요구 조건을 충족시키는 AG 서비스를 설계하기 위해서는 다음과 같은 요소들이 반영되어야 한다.

- VIC 이외의 다양한 영상 포맷과 프로그램을 AG와 연동.
- 다양한 성능과 사양을 가진 미디어 세션을 종합적으로 관리.
- 종단간(end-to-end) 네트워크 성능을 실시간으로 측정하여 상황 인지.
- 수신측 AG 노드가 수용 가능한 수준으로 영

상 품질을 자동 조절.

첫째로 다양한 영상 포맷을 지원하기 위한 여러 영상 응용프로그램을 선택적으로 수용할 수 있어야 한다. 다양한 능력과 속성을 가진 영상 응용프로그램을 지원하기 위해서, AGTk은 특정 영상 포맷 또는 영상 응용프로그램에 종속적이지어서는 안되며 각각의 영상 응용프로그램이 가지고 있는 고유의 속성과 실행 방법을 이해하고 AGTk과 연동할 수 있어야 한다. 동시에 현재의 AG 영상 서비스의 간절성과 호환성을 유지해야 한다. 둘째로 다양한 영상 포맷을 체계적으로 관리하고 이를 수신측에게 정형화된 메시지로 전달하기 위한 기법이 필요하다. 수신측에서는 다변화된 영상 포맷과 프로그램의 종류를 인지하고, 자신의 요구 사항과 능력에 맞는 스트리밍 영상을 선택적으로 수신할 수 있어야 한다. 셋째로 최선형 서비스를 지향하는 가변적인 인터넷 환경 하에서 중단간 네트워크 성능 측정을 통한 네트워크 성능을 정량적으로 인식하여야 한다. 이를 통해 측정된 정보는 영상 품질 조절을 위한 지표로 활용된다. 마지막으로 이질적인 네트워크 및 시스템 환경을 고려한 적응적인 영상 전송이다. 연속적인 고화질 영상 서비스를 위해서, 중단간 네트워크 성능과 시스템 성능을 고려하는 영상 품질 조절이 필요하다. 트랜스코딩(transcoding)과 전송률 제어 등의 방법들이 고려될 수 있으며, 영상 품질 조절시 비용이 저렴해야 하고 영상의 실시간 전송을 보장할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 상기한 요구사항을 반영하기 위해,

고화질 영상 포맷의 연동과 적응형 전송을 위한 부가 모듈을 기존의 AG 시스템 결합한 구조를 제안한다. 그림 2는 제안하는 고화질 영상의 적응형 전송을 위한 AG 시스템의 전체 구조에 대해 보여준다. 메뉴 서버는 기본적으로 협업 세션 및 메뉴 정보 관리를 위한 구성 요소들을 포함하고 있으며, 기존의 AG 시스템에 포함되어 있는 메뉴 서버와 동일하다. 메뉴 서버는 메뉴 클라이언트들로부터 자신이 제공할 수 있는 서비스 능력(service capability) 정보를 입수한다. 적절한 인증 절차를 거친 후, 메뉴에 연결된 다른 메뉴 클라이언트들의 정보와 그들이 제공하는 서비스 정보를 메뉴 클라이언트에게 전달한다. AG 노드는 기본적으로 노드 서비스(node service), 서비스 관리자(service manager), 각종 미디어 서비스(media services)들로 구성되며, 사용자는 메뉴 클라이언트를 이용하여 AG 노드의 제어권을 획득한 후 메뉴에 접속하게 된다.

제안하는 고화질 영상 포맷의 연동과 적응형 전송을 위한 부가 모듈은 AG 노드의 미디어 서비스의 일종인 '고화질 영상 송신 서비스(extended video producer service)'와 '고화질 영상 수신 서비스(extended video consumer service)'로 구현된다. 고화질 영상 송신 서비스는 사용자에게 의해 정의된 영상 서비스 속성에 근거하여 영상 전송 시스템을 초기화한다. 또한 멀티캐스트 주소 관리자(multicast location manager)를 구동하여 영상 전송을 위한 멀티캐스트 주소를 할당하여, 상기 멀티캐스트 그룹을 통해 스트리밍을 수행한다. 네트워크 감시자(network monitor)는 동적 네트워크 감시 기법(active

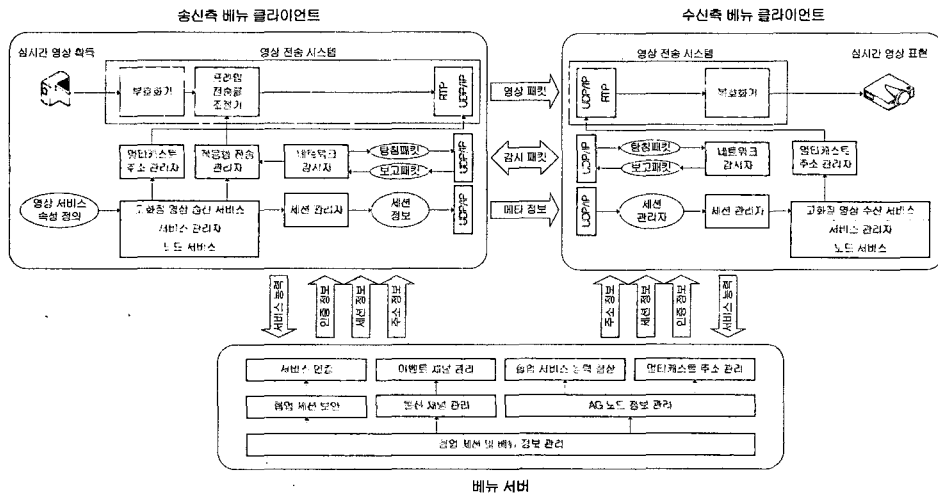


그림 2. 고화질 영상의 적응형 전송을 위한 AG 시스템 구조

network monitoring)을 이용하여 종단간 네트워크 상태를 측정하고 이를 적응형 전송 관리자(adaptation manager)에게 보고한다. 적응형 전송 관리자는 수신측 배뉴 클라이언트들의 네트워크 상황을 고려하여 주어진 정책에 따라 프레임 전송률을 동적으로 결정한다. 영상 전송 시스템의 프레임 전송률 조절기 (frame rate regulator)는 주어진 프레임 전송률에 따라 영상 품질을 조절하여 전송한다. 이와 동시에 세션 관리자는 전송중인 영상의 세션 정보(session information)을 배뉴 서버로부터 할당된 멀티캐스트 그룹을 통해 전달한다. 이 세션 정보에는 영상 포맷의 종류, 전송률, 영상 프로그램의 종류, 영상 전송을 위한 멀티캐스트 주소 등을 포함한다.

수신측 배뉴 클라이언트에 속해 있는 고화질 영상 수신 서비스는 고화질 영상 송신 서비스에 의해 전송되는 영상을 수신하여 실시간으로 표현하는 역할을 한다. 세션 관리자는 전달된 영상의 세션 정보들을 수집하여 분석한다. 사용자에게 의해 수신 요청을 받은 영상의 세션 정보들에 대해서 해당 영상 멀티캐스트 그룹에 참가(join)하여 영상을 수신하며, 이는 멀티캐스트 주소 관리자가 담당한다. 스트리밍 영상을 수신함과 동시에 네트워크 감시자는 송신측 네트워크 감시자로부터 전송된 탐침패킷(probe packet)을 보고패킷(report packet)으로 바꾸어 되돌려준다. 송신측 네트워크 감시자는 보고 패킷의 순차 번호(sequence number) 누락 여부와 타임스탬프(time stamp)를 이용한 양방향 지연 시간(round trip time: RTT)을 계산하여 패킷 손실률과 전달 지연 시간을 측정할 수 있다.

제안하는 시스템의 구조는 그림 3과 같이 일대다 영상 분배 환경을 고려한 원격 협업에 적용된다. 고화질 영상 송신 서비스에 의해 획득된 영상은 가변

적인 멀티캐스트 네트워크 환경에서 다수의 AG 노드에게 분배된다. 모든 AG 노드들은 영상 송신자와 영상 수신자를 결합할 수 있는데, 이 경우 일대다 영상 분배 환경은 중첩된 일대다(overlapped one-to-many) 영상 분배 환경으로 전이된다. 하지만 본 논문에서는 일대다 영상 분배 환경만을 고려하여 적응형 영상 전송 문제를 다루고자 한다.

3.2 세션 정보와 멀티캐스트 그룹 관리

고화질 영상 서비스는 다양한 영상 포맷을 연결하는 인터페이스 역할과 다양한 스트리밍 영상을 체계적으로 수신측에게 전달하기 위한 방법을 포함하여야 한다. 하지만 기존의 AGTk는 VIC에 의존적인 구조로 인하여, VIC이 스트리밍 영상을 멀티캐스트 그룹 멤버들간에 송수신하는 정책과 방법을 그대로 사용하고 있다. 구체적으로 말하면, VIC은 공통된 멀티캐스트 그룹을 통해서 모든 영상 송신자들이 개별 영상을 송신하고, 수신측에서는 스트리밍 영상의 RTP(real-time transport protocol) 패킷 헤더에 있는 SSRC(synchronization source)를 보고 송신자별로 분리하는 방식을 사용하였다¹⁵⁾. 하지만 이 방식은 모든 영상 데이터를 네트워크를 통해 수신한 후 영상을 분리하기 때문에, 보고 싶지 않는 영상 데이터들조차 수신하게 되어 불필요하게 대역폭을 낭비할 수 있다. 뿐만 아니라, 다른 영상 프로그램들이 상기 방식을 준수하지 않는 경우, AG와의 연동은 상당한 제약이 따른다.

표 3. SDP 메시지의 예

```
v=0
o='GIST' 31203218 31203218 203.239.52.123
s=DVTS
i=Microsoft DV/VCR Camcorder
e=ag-operator@gist.ac.kr
c=IN IP4 224.1.3.121/127
b=AS:30000
m=video 50624 RTP/AVP 111
```

제안하는 고화질 영상 서비스에서는 수신측의 요구에 따라 필요한 스트리밍 영상만을 수신하여 불필요한 대역폭의 낭비를 막고, 네트워크로부터 들어오는 영상 포맷의 다양성을 수신측이 효과적으로 인식하기 위한 기능을 제공한다. 이를 위해서는 스트리밍 영상들을 상호 분리하여 전송하도록 하여야 하며, 수신측에서 분리되어 전송되는 각 스트리밍 영상들에 대한 상세한 정보를 인지하도록 해야 한

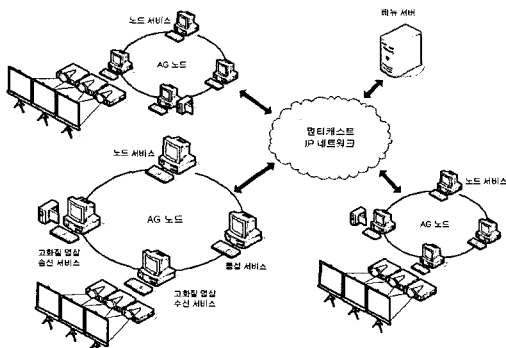


그림 3. 일대다 영상 분배 환경에서의 AG 협업 환경

다. 각 스트리밍 영상들은 개별적으로 할당된 멀티캐스트 그룹을 통해 전송되며, 수신측에서는 원하는 스트리밍 영상의 멀티캐스트 그룹에 참가하여 수신하는 구조로 이루어져있다. 다음으로 각 스트리밍 영상에 대한 세부 정보를 포함하는 세션 정보를 작성하여 모든 송수신자가 공유하는 공통된 멀티캐스트 그룹을 통해 전달한다. 세션 정보는 표 3과 같이 SDP(session description protocol)에 의거한 메시지(message)로 구성된다^[16]. v는 SDP의 버전(version)을 의미한다. o는 소유자의 이름, 타임스탬프, 타임스탬프, 호스트(host) 주소를 의미하며, s는 영상 전송 시스템의 종류를 표시한다. i는 영상 획득 장치의 식별자를, e는 소유자의 이메일(e-mail)을, c는 IP 버전과 멀티캐스트 그룹 주소, TTL(time to live)를 표시한다. b는 요구되는 대역폭을, m은 미디어(media)의 종류와 포트(port), 미디어 프로파일(profile) 및 식별 번호를 의미한다. 세션 정보는 세션 관리자에 의해서 전달, 수정, 폐기될 수 있으며, 세션 관리는 세션 정보를 수신측에게 공지하는 시그널링 기법(signaling mechanism)으로 SAP(session announcement protocol)를 준수한다^[14]. 그림 4는 영상 세션 관리의 처리 순서를 보여준다. (1)영상 송신자가 세션 공지를 하는 부분과 (2)영상 수신자가 공지된 세션을 받아서 처리하는 부분으로 나뉘어 진다. (1)의 경우, 고품질 영상 송신 서비스는 사용자에게 의해 설정된 서비스 속성과 자체적으로 생성한 영상 전송용 멀티캐스트 주소를 포함하는 SDP 메시지로 만들어서 베뉴 서버로부터 할당받은 세션 전달을 위한 공용 멀티캐스트 그룹으로 전달한다. (2)의 경우, 수신측 AG 노드의 고품질 영상 수신 서비스는 공용 멀티캐스트 그룹으로부터 전달된 영상 세션 정보를 받는다. SDP에 의해 형식화되어 전송된 세션 정보는 사용자가 가독할 수 있는 형식으로 변환하여 보여준다.

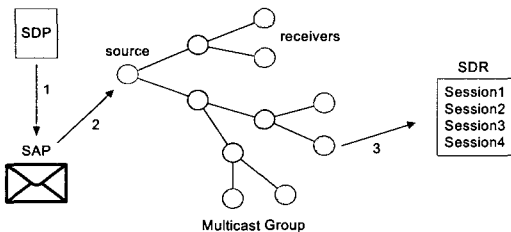


그림 4. SDP와 SAP를 이용한 멀티미디어 세션 공지

3.3 종단간 네트워크 성능 측정

고화질 영상 서비스는 고속의 네트워크와 시스템

성능을 요구한다. 따라서 끊임없는 고품질 영상 서비스를 협업 환경에서 사용하기 위해서는, 멀티미디어 서비스 품질을 보장하기 위한 지표를 정의하고 이를 측정하기 위한 방법을 제시해야 한다. 종단간 네트워크 성능을 표현할 수 있는 지표들은 크게 가용성, 손실, 지연, 지터로 나눌 수 있다.

- **가용성(connectivity)** : 현재 네트워크의 상태가 어떤 응용 서비스에 적절한지, 현재 시스템이 사용가능한지를 판별하는 지표로써, AG의 경우 참여자들 간에 IP 멀티캐스트 연결이 가능한지를 알아봐야 한다.
- **손실(loss)** : 네트워크를 통해 전송되는 패킷은 라우터나 링크를 거치면서 패킷 손실이 생길 수 있다. UDP를 이용하는 멀티미디어 스트림의 경우에는, 적은 량의 패킷 손실로 인한 미디어 품질의 피해는 크지 않다. 그러나 패킷 손실이 반복되거나 현저히 증가한다면, 심각한 품질 저하를 유발할 수 있다.
- **지연(delay)** : 송신측에서 패킷을 보낸 시간과 수신측에 패킷을 받은 시간의 차이이다. 이는 크게 단방향 지연과 양방향 지연으로 나눌 수 있는데, 인터넷에서는 비대칭 경로를 가지고 있고 두 방향의 품질에도 많은 차이가 있기 때문에 단방향 지연이 정확한 측정 요소이나 쌍방향에 시각 동기를 맞추어야 하므로 정밀한 측정이 어렵다. 반면 양방향 지연은 송신측에서 수신측간에 왕복한 시간을 이등분한 시간이기 때문에 두 호스트 간 시각동기를 맞추는 필요가 없으며 구현이 용이하다.
- **지터(jitter)** : 지터는 지연의 변화량을 의미한다. 지터가 일정한 경우에는 지연이 클 지라도 재생 시간을 지연시간만큼 늦춰주어 재생하면 미디어의 품질을 유지할 수 있다. 그러나 지터가 클 경우에는 미디어의 끊김 현상이 심해지므로 이를 보정하기 위해 버퍼를 사용하여 지터의 영향을 줄이는 방법이 있다.
- **대역폭(bandwidth)** : 대역폭은 수용력, 사용률, 가용대역폭으로 구분할 수 있다. 수용력은 어떠한 링크나 패스에서 최대로 보낼 수 있는 데이터의 양이다. 사용률은 링크나 패스 상에서 현재 사용되고 있는 비율이고 가용 대역폭은 현재 경로에서 제공할 수 있는 최대의 처리량이다. 가용대역폭은 사용하고 있지 않고 있는 링크의 대역폭이라 정의하기도 한다.

종단간 성능을 잘 나타내는 매트릭을 정의하는 것 못지않게 매트릭을 측정하는 방식의 선택 또한 매우 중요하다. 매트릭을 측정하는 일반적인 모니터링 방식은 크게 동적 모니터링 방식과 정적 모니터링 방식으로 나뉜다. 동적 모니터링 방식은 측정 패킷을 이용하여 측정하는 방식으로 가용 대역폭과 병목 지점, 손실, 지연, 지터와 같은 네트워크 상태를 측정하는데 사용된다. 동적 모니터링 방식은 측정 패킷의 크기가 작고, 분석되어야 할 패킷의 양이 적기 때문에 시스템에 부하를 적게 준다는 장점이 있는 반면, 측정된 데이터는 실제 사용자 입장에서 나타나는 사용자 트래픽 상태와는 차이가 존재한다는 단점이 있다. 정적 모니터링 방식은 별도의 측정 패킷을 만들어 보내지 않고 실제 사용자의 트래픽 (traffic)을 측정하는 방식으로 네트워크에 별도의 패킷을 보내지 않아 사용자의 데이터 흐름에 영향을 주지 않고 측정된 데이터는 실제 트래픽 상태를 반영한다는 장점이 있지만, 측정해야 할 패킷의 크기가 크고 패킷의 양이 많아 시스템 자원을 많이 요구한다는 단점이 있다.

정적 모니터링의 경우, RTCP(real-time transport control protocol) 패킷에서 제공하는 모니터링 정보에 의존하는데 이를 위해서는 AG에 연결되는 영상 전송 시스템이 RTCP 정보를 제공해야 한다. 반면 동적 모니터링의 경우, 탐침 패킷을 보내는 모듈을 영상 전송 시스템과는 별개로 운영할 수 있어 AG 영상 서비스에 통합하여 구현할 수 있다. 그림 5는 AG 노드들 간에 멀티캐스트 동적 모니터링을 하는 과정이다. 각 AG 노드는 순서번호 (SEQ)와 타임스탬프 (time stamp)가 포함된 탐침 패킷을 다른 AG 노드들에게 멀티캐스트로 전송한다. 이를 수신한 AG 노드들은 자신의 호스트 이름과 IP 주소를 포함하여 동일한 주소로 멀티캐스트 재전송한다. 그러면 송신측 AG 노드에서는 순서번호의 누락여부에

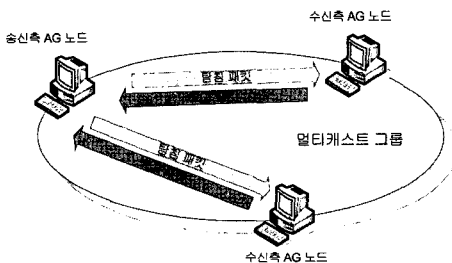
따라 패킷 손실률을 계산하고, 보고 패킷이 도착한 시간과 탐침 패킷을 전송했을 때의 시간의 차를 통해서 양방향 지연시간을 계산한다. 탐침 패킷은 0.1 초마다 전송되며, 0.1초마다 수신된 보고 패킷으로부터 패킷 손실률과 양방향 지연시간을 얻은 후 매 4초마다 이들의 평균값을 계산하여 종단간 네트워크 성능을 평가한다.

3.4 일대다 분배 환경을 고려한 적응형 전송

측정된 종단간 패킷 손실률, 양방향 지연시간은 아래 수식에 의해서 네트워크 부하량 (Load)으로 종합된다. $p_{arbitrary}$ 는 AG 사용자에 의해 정의된 이상적인 패킷 손실률을 의미하고, p_{real} 은 피드백 정보에 의해 보고된 실제 패킷 손실률을 의미한다. $\tau_{arbitrary}$ 는 AG 사용자에 의해 정의된 이상적인 양방향 지연시간이며, τ_{real} 은 실제 양방향 지연시간이다. α 와 β 는 각각 패킷 손실률과 양방향 지연시간의 가중치를 나타내며, 이 값들은 AG 사용자에 의해 정의된다.

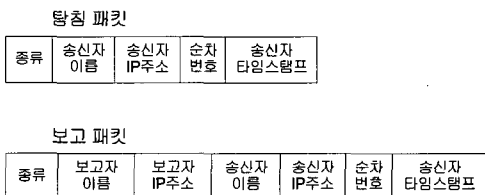
$$Load = \alpha(p_{arbitrary} - p_{real}) + \beta(\tau_{arbitrary} - \tau_{real})$$

계산된 네트워크 부하량이 AG 운영자에 의해 정의된 임계치 (TH_{overload})보다 높을 경우 과부하로 분류되고 이보다 같거나 낮을 경우 적정부하로 분류된다. 상기 방식으로 송신자와 수신자들간의 종단간 네트워크 부하 정보를 기반으로 수신측 AG 노드들의 개수 대비 과부하 AG 노드의 비율이 사용자에 의해 정의된 최대 임계치 (TH_{max}) 보다 클 경우, 송신측 프레임 전송률을 한 단계 낮춘다. 만약 수신측 AG 노드들의 개수 대비 과부하 AG 노드의 비율이 사용자에 의해 정의된 최소 임계치 (TH_{min}) 보다 작을 경우, 송신측 프레임 전송률을 한 단계 올린다.



(a) 동적 모니터링 개념도

그림 5. 멀티캐스트 동적 모니터링



(b) 동적 모니터링 패킷의 구조

위 두 가지 경우에 해당하지 않는다면, 현재의 프레임 전송률을 유지한다. 이와 같은 정책을 기반으로, 영상을 수신하는 모든 AG 노드들이 적정부하인 상태가 될 때까지, 송신측의 영상 프레임 전송률은 단계적으로 조절하여 견실한 영상 전송을 유지할 수 있다.

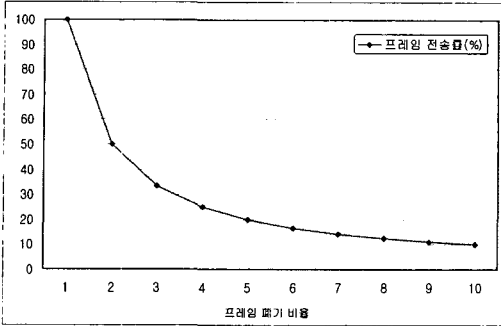


그림 6. DV 프레임 전송률 조절

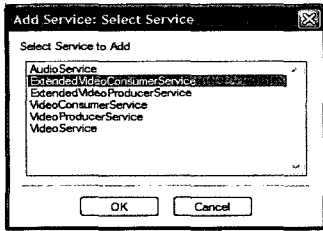
영상 프레임 전송률 조절은 DV의 경우 프레임 폐기 기법을 기반으로 구현하였으며^[10], 구현이 쉽고 시간적 계위에 따른 영상 품질의 손상이 적다는 장점이 있으나, 영상의 부자연스러운 움직임을 야기하고 프레임 전송률을 유동적으로 조절하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 그림 6에서 보이는 바와 같이 프레임 폐기 비율에 따른 DV 프레임 전송률 조절을 수행한다. 프레임의 순차 번호를 프레임 폐기 비율로 모듈러 연산(mod)하여 그 값이 0인 경우에 한해서 전송하는 방법이다. 이렇게 하면 시간적 계위(temporal scalability)에 의해서 정기적으로 영상 프레임이 사라지는 방식으로 대역폭을 낮춘다. 이 방식은 구현이 쉽다는 장점이 있으나, DV 프레임 전송률을 세밀하게 조절하기가 어려운 단점이 있다. 종단간 네트워크 상태가 좋을 때는, 프레임 폐기 비율이 1로 설정되고, 상태가 나쁠수록 10에 가까워지며, 그에 따른 프레임 전송률이 그림 6의 그래프와 같이 동적으로 조절된다. HDV의 경우, 인터 프레임(inter-frame) 인코딩과 다른 프레임과의 상관성 있는 프레임들을 이용한 선택적인 프레임 감소 기법을 사용하여 영상 품질 조절을 구현하였다.

IV. 적응형 고화질 영상 서비스 구현

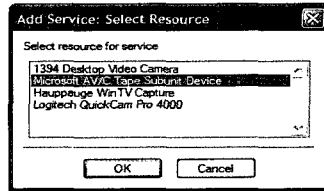
구현 시스템의 기본 소프트웨어로써 윈도우즈용 AGTk 2.3을 사용하였다. 상기 소프트웨어 위에 본 논문에서 제안한 고화질 영상 송수신 서비스들과 적응형 전송 모듈을 추가하였다. 영상 전송 시스템

으로는 DV용으로 DVTS를, HDV용으로 VLC를 사용하였다. 상기한 영상 전송 시스템들은 마이크로소프트 다이렉트쇼(direct show)에서 제공하는 API(application programming interface)를 이용하여 구현되었으며, DirectX 9.0b를 사전에 설치하였다. 제안한 고화질 영상 송수신 서비스들과 적응형 전송 모듈은 파이썬(python) 2.3을 사용하여 작성하였다. 영상 획득 장치로 JVC GR-HD1 디지털 캠코더를 사용하였으며, 이는 하드웨어 기반의 720×480 해상도의 DV 부호화기와 1280×720 해상도의 HDV 부호화기를 내장하고 있으며 IEEE1394 인터페이스를 통해 PC(personal computer)로 실시간 전송한다. 고화질 영상 송수신을 위하여 Intel 3.0GHz CPU와 512MB RAM, Intel 82865G 그래픽스 컨트롤러(graphics controller)를 탑재한 PC를 이용하였다. 스트리밍 영상의 부호화 및 송신을 담당하는 고화질 영상 송신 서비스를 한 대의 PC에 설치하였으며, 스트리밍 영상의 송신 및 복호화를 담당하는 고화질 영상 수신 서비스는 두 대의 PC에 각각 설치하였다. 디지털 캠코더가 영상의 부호화를 수행하는 송신측과는 달리, 고화질 영상의 복호화는 소프트웨어 복호화기가 처리하여야 하기 때문에 높은 사양의 시스템 자원을 필요로 한다. 따라서 최소 2개 이상의 영상을 수신할 때에는 다수의 수신용 PC에 고화질 영상 수신 서비스를 설치할 수 있다.

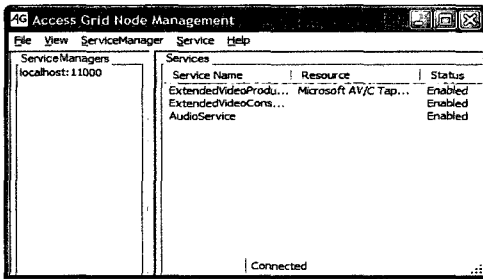
고화질 영상 송수신 서비스를 AGTk에 설치하는 방법은 기존의 영상 송수신 서비스를 추가하는 방법과 동일하다. 그림 7 (a)와 같이 각각의 서비스를 선택한 다음, 그림 7 (b)와 같이 영상 획득 장치를 선택하면, 그림 7(c)에서 보이는 바와 같이 최종적으로 설치가 마무리된다. 그림 7 (d)는 고화질 영상 송신 서비스의 속성을 설정하는 대화창을 보여준다. Resource는 사용하는 영상 획득 장치 식별자이며, streamname은 스트리밍 미디어의 종류를 의미한다. videotool은 DVTS와 VLC 중에서 선택가능하며, encoding은 DV와 HDV 중에서 선택할 수 있다. transcoding(vlc)는 VLC에서만 지원하는 트랜스코딩 기능으로 MPEG2로 부호화된 스트리밍 영상을 MPEG4를 포함한 다양한 영상 포맷으로 실시간 변환을 해주는 기능이다. bitrate_kb/s(vlc)는 VLC에서 트랜스코딩시 프레임전송률을 사전에 결정하는 기능이며, audio(vlc)는 VLC에서 음성입력 여부를 결정하는 것이다. 그 외에도 framerate(dvts)는 DVTS에서 프레임 전송률을 사전에 결정하기 위한 옵션(option)이며, ttl값을 결정할 수 있는 ttl 옵션이 있다.



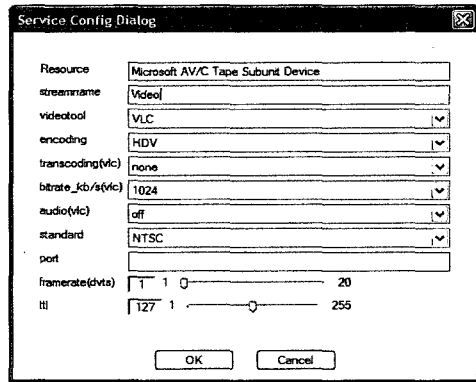
(a) 고화질 영상 수신 서비스 추가



(b) 영상 획득 장치 선택



(c) 추가된 고화질 영상 송·수신 서비스



(d) 고화질 영상 송신 서비스의 속성 설정

그림 7. 고화질 영상 서비스 설정 화면

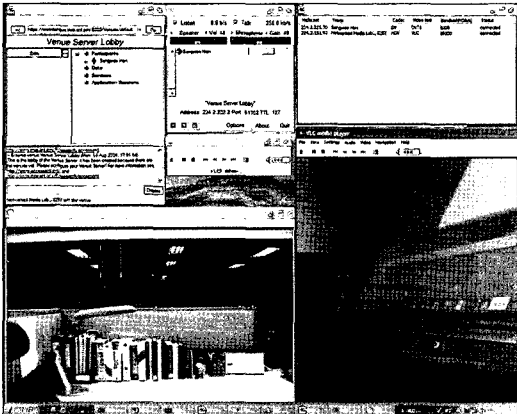


그림 8. AG 실행 결과 화면

그림 8은 실행 결과 화면을 보여준다. 좌측 상단에는 메뉴 클라이언트가 위치해 있으며, 중앙 상단에는 음성 통신을 위한 RAT(robust audio tool)과 영상 송신을 하는 VLC가 있다. 우측에는 고화질 영상 수신 서비스가 제공하는 사용자 인터페이스가 위치해있다. 여기에는 다른 AG 노드들의 고화질 영상 송신 서비스가 전달하는 세션 정보들이 표시되는데 스트리밍 영상의 멀티캐스트 주소, 코덱, 영상 응용프로그램을 포함한 세션 정보들이 나열된다. 사

용자가 원하는 세션 정보를 선택하게 되면, 해당 영상 응용프로그램이 실행되면서 스트리밍 영상을 사용자에게 보여준다. 그림 8의 좌측 하단이 DV 영상이며, 우측 하단이 HDV 영상이다.

V. 실험 결과

5.1 실험 환경 구성

네트워크 적응형 영상 전송 서비스를 실험하기 위한 테스트 베드(test bed)를 그림 9와 같이 구성하였다. DVTS를 전송 시스템으로 사용하는 1개의 송신측 AG 노드와 2개의 수신측 AG 노드들로 구성되며, 백그라운드 트래픽(background traffic)을 발생시키기 위하여 2대의 PC (Iperf 클라이언트와 Iperf 서버)를 별도로 준비한다. 수신측 AG 노드들과 Iperf 관련 PC들은 모두 사실망에 연결되어 있다. 그림 9의 굵은 실선에서 나타내는 링크(link)를 통해 Iperf 서버와 Iperf 클라이언트간의 백그라운드 트래픽이 발생하면, 수신측 AG 노드 2는 네트워크 상황 악화로 인해 영상 품질 저하를 겪게 된다. 반면에 수신측 AG 노드 1은 백그라운드 트래픽의 영향을 받지 않는다. 실험 시나리오는 다음과 같다. 먼저 백그라운드 트래픽을 생성하지 않는 상태에서

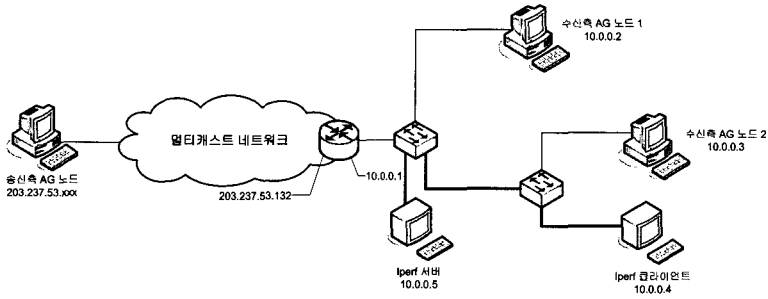
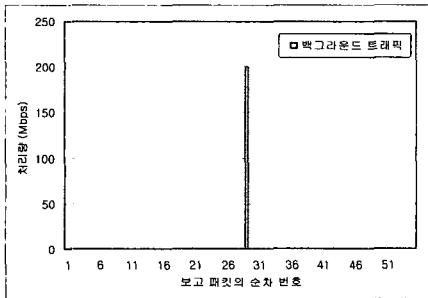
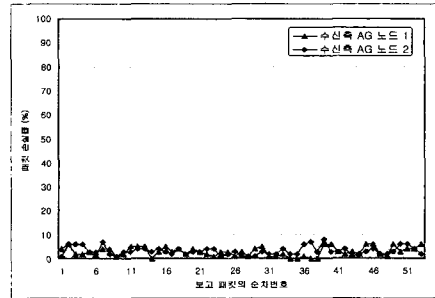


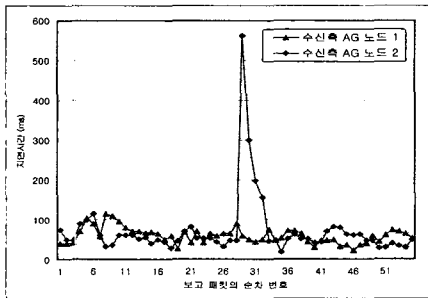
그림 9. 테스트 베드



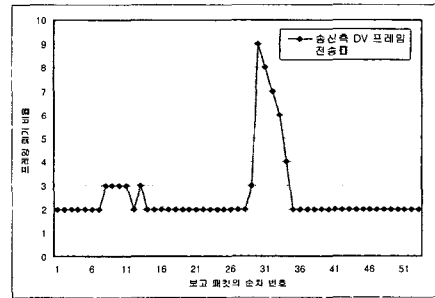
(a) 백그라운드 트래픽



(b) 패킷 손실률



(c) 전달 지연 시간



(d) 송신측 프레임 패기 비율

그림 10. 네트워크 상황 변화에 따른 송신측 프레임 전송률 변화

송신측 AG 노드와 두개의 수신측 AG 노드들 간의 중단간 네트워크 상황을 기록한다. 일정 시간 후에 백그라운드 트래픽을 생성하고, 중단간 네트워크 상황을 점검한다. 상기한 실험과정의 반복을 통해 네트워크 상황 변화에 따른 송신측 프레임 전송률 변화를 추적한다.

5.2 실험 결과

제한한 시스템의 정상적인 성능 측정을 위해 네트워크 상황 변화에 따른 송신측 프레임 전송률 변화를 측정하였다. 그림 10 (a)과 같이 특정 시간에 약 4초간 백그라운드 트래픽을 주입하였으며, 그림 10 (b)와 (c)는 이에 따른 송신측 AG 노드와 2개의

수신측 AG 노드들간의 중단간 네트워크 성능을 나타낸다. 패킷 손실률은 백그라운드 트래픽과는 무관하게 일정한 수준을 유지하였으나, 전달 지연 시간은 백그라운드 트래픽 발생시간에 맞춰 갑작스럽게 증가하였다. 이때 백그라운드 트래픽의 영향을 받지 않는 수신측 AG 노드 1은 영향을 받지 않은 반면, 영향을 받는 수신측 AG 노드 2는 큰 폭으로 전달 지연 시간이 상승하였다.

그림 10 (d)는 송신측 프레임 전송률 변화 추이를 보여주고 있으며, 이러한 결과는 두개의 수신측 AG 노드로 부터 받은 중단간 네트워크 성능 결과가 반영된 것이다. 패킷 손실률과 전달 지연 시간에 의해서 프레임 전송률은 결정되어 스트리밍 영상에

반영하는데, 가장 성능이 낮은 노드에 맞춰 프레임 전송률을 조절하기 때문에 종단간 네트워크 성능이 양호한 노드들은 이로 인한 우아한 품질 저하를 경험할 수 있다. 6번째 보고패킷을 전후로 두개의 수신측 AG 노드들이 겪는 전달 지연으로 인해 송신측 프레임 폐기 비율이 상승하며, 30번째 보고패킷을 전후로 수신측 AG 노드 2가 겪는 큰 폭의 전달 지연으로 인해 송신측 프레임 폐기 비율이 대폭 상승함을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 다자간 협업 환경에서 다양한 영상 포맷을 적용하여 DV, HDV급 고화질 영상 전송을 수용함으로써 효과적인 협업 환경을 제공하도록 하였고, 이질적인 네트워크 환경 하에서 고화질 AG 영상 서비스를 지속적으로 제공하기 위한 일대다 네트워크 적응형 영상 전송 기법을 제안하였다. DV 및 MPEG2 코덱으로 압축된 고화질 스트리밍 영상과 적절한 영상 전송 시스템을 AG 시스템에 연동하고, 다양한 성능과 사양을 가진 미디어 세션을 종합적으로 관리하고 공지할 수 있는 체계를 설계하였다. 또한 이질적인 네트워크 환경에서 연속적인 고화질 영상 전송 서비스를 제공하기 위해, 종단간 네트워크 상황을 진단한 후, 네트워크 적응형 영상 전송 기법을 이용하여 자동적인 품질 조절 기법을 제시하였다. 제안된 기법들은 일대다 영상 분배 환경을 고려하여, AG 시스템과 유기적으로 연동하기 위한 부가적인 서비스 모듈로 구현되었다. 실험 결과, 종단간 네트워크상에서 패킷 손실 혹은 전달 지연이 급격히 변동할 경우 제안된 기법을 통해 사용자에 우아한 영상 품질 조절을 통해 양질의 스트리밍 서비스를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 현재 적용한 적응형 전송 기법은 단일 전송률 혼잡 제어(single rate congestion control) 기법에 준하는 것으로서, 다양한 수신측 노드들의 요구 사항과 성능에 맞는 개별적인 전송률 선택이 불가능하다는 단점을 가지고 있다. 이것은 수신자 중심의 계층적 멀티캐스트(receiver-driven layered multicast)와 같은 복수 전송률 혼잡 제어(multiple rate congestion control) 기법을 통해 보완될 수 있을 것이다. 또한 실제 협업에서는 중첩된 일대다 영상 분배 환경(overlapped one-to-many media distribution)이 적용되는 바, 일대다 영상 분배 환경을 중첩된 일대다 영상 분배 환경으로 전환하기 위한

혼잡 제어 기법의 고안도 요구된다.

감사의 글

본 논문은 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 주관하여 정보통신연구개발사업으로 수행중인 “국가 그리드 기반 구축” 과제의 위탁연구와 광주과학기술원(GIST)의 지원에 의해 수행되었음. 또한 본 연구를 위한 공동실험을 도와주고 기타 조언을 아끼지 않은 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터 관계자, 광주과학기술원 네트워크미디어연구실의 ACE 팀과 박주원군, 그리고 AG 해외공동연구를 지원해 준 미국 아르곤 국립연구소(ANL)의 AG 개발 팀에게 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] B. Corrie, S. Marsh, and S. Noel, “Towards quality of experience in advanced collaborative environments,” in Proc. of the 3rd Annual Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE '04), June 2003.
- [2] R. Stevens et. al., “Advanced collaboration environments and scientific workplaces of the future,” in Proc. of the 4th Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE '04), 2004.
- [3] R. Stevens, M. E. Papka, and T. Disz, “Prototyping the workspaces of the future,” IEEE Internet Computing, vol. 7, pp. 51-58, July/Aug. 2003.
- [4] L. Childers, T. Disz, R. Olson, M. E. Papka, R. Stevens, and T. Udeshi, “Access Grid: Immersive group-to-group collaborative visualization,” in Proc. of Immersive Projection Technology Workshop, 2000.
- [5] ANL Futures Laboratory, Access Grid Toolkit (version 2.3), <http://www.accessgrid.org/>.
- [6] UCB/LBNL, Video Conference Tool (VIC), <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vic/>.
- [7] ANU Internet Futures Group, Video Presence (VP), <http://if.anu.edu.au/SW/VP.html>.
- [8] The University of Queensland, JPEG Video Service, <http://www.ap-accessgrid.org/jpgvideo/>.

[9] NCHP, MPEG4 Video Service, http://agcentral.org/downloads/mpeg4/psc_project_view/.

[10] A. Ogawa, K. Kobayashi, K. Sugiura, O. Nakamura and J. Murai, "Design and Implementation of DV based video over RTP," in Proc. on Packet Video Workshop, Cagliari, Italy, May 2000.

[11] WIDE Project, Digital Video Transport System(DVTS), <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>.

[12] VideoLAN Forum, Video LAN, <http://www.videolan.org/>.

[13] HDV Format Co-promoters, HDV Format, <http://www.hdv-info.org/>.

[14] M. Handley, C. Perkins, and E. Whelan, "Session announcement protocol," IETF RFC 2974, Oct. 2000.

[15] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Fredric, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 1889, Jan. 1996.

[16] M. Handley and V. Jacobson, "SDP: Session description protocol," IETF RFC 2327, July 2003.

[17] X. Wang and H. Schulzrinne, "Comparison of Adaptive Internet Multimedia Applications," IEICE Transactions on Communications, vol. E82-B, pp. 806-818, June 1999.

[18] Kazunori Ueda, Hiroyuki Ohsaki, Shinji Shimojo and Hideo Miyahara, "Design and Implementation of Real-Time Digital Video Streaming System over IPv6 Network using Feedback Control," in Proc. on Symposium on Applications and the Internet, Orlando, Florida, pp.111-119, Jan. 2003.

[19] I. Busse, B. Deffner, and H. Schulzrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Applications Based on RTP," Computer Communications, vol. 19, no. 1, pp. 49-58, Jan. 1996.

한 상 우 (Sangwoo Han)

정회원



2003년 중앙대학교 컴퓨터공학과 학사

2005년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사

2005년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> Advanced collaborative system and P2P networking

김 종 원 (JongWon Kim)

중신회원



1987년 서울대학교 제어계측공학과 학사

1989년 서울대학교 제어계측공학과 석사

1994년 서울대학교 제어계측공학과 박사

1994년 3월~1999년 7월 공주대학교 전자공학과 조교수

1997년 8월~2001년 7월 University of Southern California 연구 조교수

1999년 12월~2000년 7월 Technology Consultant for VProtect Systems Inc.

2000년 7월~2001년 6월 Technology Consultant for Southern California Division of InterVideo Inc.

2001년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수

<관심분야> Networked Media Systems and Protocols focusing "Reliable and Flexible Delivery for Integrated Media over Wired/Wireless Networks" (네트워크미디어: <http://netmedia.gist.ac.kr>)