

Access Grid 의 개선을 위한 스테레오 영상 전송 시스템

*장혜영, *오세찬, *김종원, *우운택, **변옥환
 *광주과학기술원 정보통신과, **한국과학기술정보연구원
 E-mail: {tarilove, soh, jongwon, wwoo}@kjist.ac.kr

Immersiveness Enhancement for Access Grid via Stereo Video Delivery

*Hyeyoung Chang, *Sehchan Oh, *JongWon Kim, *Woontak Woo, **Okhwan Byeon

*Dept. of Information & Communications, Kwang-Ju Institute of Science and Technology (K-JIST)

**Supercomputing Infra Development Lab., Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)

요약

액세스 그리드는 네트워크로 분산되어 있는 컴퓨터들을 연결하여 얻어진 슈퍼컴퓨팅 환경 하에서 사용자들간의 원격 협업이 가능하도록 해준다. 본 논문에서는 현재 "액세스 그리드"가 기존의 영상회의 시스템과 차별되기 위한 방법으로, 대용량의 스테레오 비디오 전달 및 재현을 위한 요소기술들을 다룬다. 현 단계까지 구현된 시스템을 통하여 송신측에서의 3 차원 영상 미디어 획득 및 처리, 대용량 데이터의 신뢰성 있는 실시간 전송, 수신측에서의 복원 및 재현 과정 전반을 기술한다.

1. 서론

인터넷과, 시스템의 급속한 발전은 시공간의 제약을 극복하면서 진행되어야 하는 다양한 형태의 협동 연구를 가능하게 만들고 있다. 이에 주목하여 최근 전 세계 컴퓨터를 인터넷으로 연결해 마치 슈퍼컴퓨터처럼 쓰자는 개념의 그리드(Grid)에 관한 연구가 각광 받고 있다. 그리드는 계산 그리드(Computational Grid), 데이터 그리드(Data intensive Grid), 액세스 그리드(Access Grid, 약하여 AG)의 세 분야로 나누어지며, 그 중 AG는 원격지에서 접근한 연구자들로 하여금 '얼굴을 마주보며 회의를 하는 것처럼 자연스러운 상호작용'을 가능하게 할 뿐 아니라, 다양한 종류의 데이터를 공유하여 협업할 수 있는 환경을 구축하는 기술을 제공한다[6]. 하지만 현재 보급 중인 AG 버전 1.1 은 확장성 있는 하드웨어 (대형 디스플레이, 영상/음성 처리 장치, 미팅룸 구성, 멀티캐스트 지원 네트워크)에 상호 호환되는 소프트웨어 (영상회의 도구 Vic/Rat, 프레젠테이션 도구 Dppt, 미팅 관리 도구 Virtual Venue 등) 설계를 기반으로 한 영상회의 시스템의 한계를 아직 극복하지 못하고 있는 실정이다. 특히 영상 전송에 있어서는 Vic 에 근거한 구형 압축방식에 의존하여 300kbps 수준의 2 차원 영상만을 전송하고 있다. 따라서 고화질의 실감 미디어 전송에는 근본적인 한계가 있으며 현재 진행중인 AG 2.0 의 일환으로 이를 극복하기위한 영상 전송 및 재현기술의 개발이 추진되고 있다.

본 논문에서는 AG 가 장기적으로 추구하는 개선된 협업 환경(advanced collaboration environment: ACE)을 구현하기 위해서, 사용자가 3 차원 콘텐츠(특히 비디오)를 기존 AG 의 2 차원 콘텐츠와 같이 공유하도록 하여 좀 더 실감나게 협업 환경에 몰입하도록 하는 방식을 연구하였다. 즉 100Mbps 급 고화질 스테레오(stereo) 영상 전송 및 재현을 위한, 3 차원 영상 미디어 획득/처리와 신뢰성 있는 실시간 전송을 고려한다. 구체적으로는 스테레오 카메라로부터 얻어진 좌우 영상들을 네트워크 대역폭에 맞추어 처리하고, 대용량 미디어의 고속 전송을 위하여 개선된 ARQ(automatic repeat request), FEC(forward

error correction)와 Hybrid FEC/ARQ 기법들을 사용한다. 본 연구에서는 먼저 고화질 대용량의 3 차원 영상 전송 요구 조건을 감안하여 시스템의 하드웨어, 소프트웨어 구성을 진행하였다. 그 결과 전송되어진 스테레오 영상은 구현된 시스템을 통하여 입체 영상을 보여주기 위한 각종 영상 포맷들로 변형되며, 사용자는 3 차원 안경을 착용하여 실감성이 증대된 협업 환경을 제공함을 확인한다. 또한 구현된 시스템은 몇 가지 LAN 환경의 테스트베드 실험들을 통하여 전송 기법에 따른 실제 전송 성능을 전송율, 손실율, 소요시간 등의 척도로 비교 평가한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2 절에서는 제안 시스템의 전반적인 구현 사항들을 다룬다. 이어 3 차원 영상의 획득 및 처리에 대해 3 절에서 설명한 후에 4 절에서 대용량의 미디어의 실시간 전송에 신뢰성을 부여하는 방법을 고찰한다. 5 절에는 실험 내용과 분석을 기술하고 6 절에서 논문을 마감한다.

2. 스테레오 영상 전송 시스템 구현

구현 시스템은 그림 1 에 제시한 바와 같이 크게 송신측 처리 모듈과 수신측 처리 모듈로 나뉜다. 먼저 송신부는 스테레오 카메라로부터 획득된 최대 400Mbps 의 대용량 좌우 영상들을 네트워크와 시스템의 제약 (즉 대역폭 및 디스플레이 제약)에 맞도록 처리하고 압축하는 부분과 네트워크 전송을 위해 신뢰성을 부여하는 부분으로 나뉜다. 영상 압축 부분에서는 향후 ISO/IEC MPEG-4, ITU-T H.263 등 고성능 영상 부호화 기법들이 소프트웨어로 지원되어야 하지만, 이들의 광대역 스테레오 영상의 실시간 소프트웨어 부호화는 현재 이용 가능한 PC 프로세서의 한계선 상에 있다. 따라서 이용 예정인 선도망의 대역폭 한계(155Mbps)를 맞추어 전처리 필터링을 포함한 영상 샘플링과 이의 부수적인 처리 과정들을 이용한 간단한 압축과정을 현 단계에서 이용한다. 압축된 영상 스트림은 네트워크 모듈로 전달되어 프레임 단위로 패킷화된다. 장차 RTP/UDP 기반의 표준화된 전송으로 정리될 패킷화 부분은 현재는 MTU (maximum transfer unit)

Access Grid 의 개선을 위한 스테레오 영상 전송 시스템

*장혜영, *오세찬, *김종원, *우운택, **변옥환

*광주과학기술원 정보통신과, **한국과학기술정보연구원

E-mail: {tarilove, soh, jongwon, wwoo}@kjist.ac.kr

Immersiveness Enhancement for Access Grid via Stereo Video Delivery

*Hyeyoung Chang, *Sehchan Oh, *JongWon Kim, *Woontak Woo, **Okhwan Byeon

*Dept. of Information & Communications, Kwang-Ju Institute of Science and Technology (K-JIST)

**Supercomputing Infra Development Lab., Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)

요약

액세스 그리드는 네트워크로 분산되어 있는 컴퓨터들을 연결하여 얻어진 슈퍼컴퓨팅 환경 하에서 사용자들간의 원격 협업이 가능하도록 해준다. 본 논문에서는 현재 “액세스 그리드”가 기존의 영상회의의 시스템과 차별되기 위한 방법으로, 대용량의 스테레오 비디오 전달 및 재현을 위한 요소기술들을 다룬다. 현 단계까지 구현된 시스템을 통하여 송신측에서의 3 차원 영상 미디어 획득 및 처리, 대용량 데이터의 신뢰성 있는 실시간 전송, 수신측에서의 복원 및 재현 과정 전반을 기술한다.

1. 서론

인터넷과, 시스템의 급속한 발전은 시공간의 제약을 극복하면서 진행되어야 하는 다양한 형태의 협업 연구를 가능하게 만들고 있다. 이에 주목하여 최근 전 세계 컴퓨터를 인터넷으로 연결해 마치 슈퍼컴퓨터처럼 쓰자는 개념의 그리드(Grid)에 관한 연구가 각광 받고 있다. 그리드는 계산 그리드(Computational Grid), 데이터 그리드(Data intensive Grid), 액세스 그리드(Access Grid, 약하여 AG)의 세 분야로 나누어지며, 그 중 AG는 원격지에서 접근한 연구자들로 하여금 ‘얼굴을 마주보며 회의를 하는 것처럼 자연스러운 상호작용’을 가능하게 할 뿐만 아니라, 다양한 종류의 데이터를 공유하여 협업할 수 있는 환경을 구축하는 기술을 제공한다[6]. 하지만 현재 보급 중인 AG 버전 1.1 은 확장성 있는 하드웨어 (대형 디스플레이, 영상/음성 처리 장치, 미팅룸 구성, 멀티캐스트 지원 네트워크)에 상호 호환되는 소프트웨어 (영상회의 도구 Vic/Rat, 프레젠테이션 도구 Dppt, 미팅 관리 도구 Virtual Venue 등) 설정을 기반으로 한 영상회의 시스템의 한계를 아직 극복하지 못하고 있는 실정이다. 특히 영상 전송에 있어서는 Vic 에 근거한 구형 압축방식에 의존하여 300kbps 수준의 2 차원 영상만을 전송하고 있다. 따라서 고화질의 실감 미디어 전송에는 근본적인 한계가 있으며 현재 진행중인 AG 2.0 의 일환으로 이를 극복하기위한 영상 전송 및 재현기술의 개발이 추진되고 있다.

본 논문에서는 AG 가 장기적으로 추구하는 개선된 협업 환경(advanced collaboration environment: ACE)을 구현하기 위해서, 사용자가 3 차원 콘텐츠(특히 비디오)를 기존 AG 의 2 차원 콘텐츠와 같이 공유하도록 하여 좀 더 실감나게 협업 환경에 몰입하도록 하는 방식을 연구하였다. 즉 100Mbps 급 고화질 스테레오(stereo) 영상 전송 및 재현을 위한, 3 차원 영상 미디어 획득/처리와 신뢰성

있는 실시간 전송을 고려한다. 구체적으로는 스테레오 카메라로부터 얻어진 좌우 영상들을 네트워크 대역폭에 맞추어 처리하고, 대용량 미디어의 고속 전송을 위하여 개선된 ARQ(automatic repeat request), FEC(forward error correction)와 Hybrid FEC/ARQ 기법들을 사용한다. 본 연구에서는 먼저 고화질 대용량의 3 차원 영상 전송 요구 조건을 감안하여 시스템의 하드웨어, 소프트웨어 구성을 진행하였다. 그 결과 전송되어진 스테레오 영상은 구현된 시스템을 통하여 입체 영상을 보여주기 위한 각종 영상 포맷들로 변형되며, 사용자는 3 차원 안경을 착용하여 실감성이 증대된 협업 환경을 제공함을 확인한다. 또한 구현된 시스템은 몇 가지 LAN 환경의 테스트베드 실험들을 통하여 전송 기법에 따른 실제 전송 성능을 전송율, 손실율, 소요시간 등의 척도로 비교 평가한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2 절에서는 제안 시스템의 전반적인 구현 사항들을 다룬다. 이어서 3 차원 영상의 획득 및 처리에 대해 3 절에서 설명한 후에 4 절에서 대용량의 미디어의 실시간 전송에 신뢰성을 부여하는 방법을 고찰한다. 5 절에는 실험 내용과 분석을 기술하고 6 절에서 논문을 마감한다.

2. 스테레오 영상 전송 시스템 구현

구현 시스템은 그림 1 에 제시한 바와 같이 크게 송신측 처리 모듈과 수신측 처리 모듈로 나뉜다. 먼저 송신부는 스테레오 카메라로부터 획득된 최대 400Mbps 의 대용량 좌우 영상들을 네트워크와 시스템의 제약 (즉 대역폭 및 디스플레이 제약)에 맞도록 처리하고 압축하는 부분과 네트워크 전송을 위해 신뢰성을 부여하는 부분으로 나뉜다. 영상 압축 부분에서는 향후 ISO/IEC MPEG-4, ITU-T H.263 등 고성능 영상 부호화 기법들이 소프트웨어로 지원되어야 하지만, 이들의 광대역 스테레오 영상의

실시간 소프트웨어 부호화는 현재 이용 가능한 PC 프로세싱의 한계선 상에 있다. 따라서 이용 예정인 선도망의 대역폭 한계(155Mbps)를 맞추어 진처리 필터링을 포함한 영상 샘플링과 이의 부수적인 처리 과정들을 이용한 간단한 압축과정을 현 단계에서 이용한다. 압축된 영상 스트림은 네트워킹 모듈로 전달되어 프레임 단위로 패킷화된다. 장치 RTP/UDP 기반의 표준화된 전송으로 정리될 패킷화 부분은 현재는 MTU (maximum transfer unit)를 참조하여 적당한 패킷 크기로 분할되며, 자체적으로 정의된 순서 번호는 전송순서에 따라 순차적으로 증가한다. 신뢰성을 부가하기 위해서는 [1]에서 제안된 Reliable Blast UDP 기법을 패킷 단위 FEC 를 이용하여 확장한 세가지 전송 모드들을 이용한다. 또한 영상 획득/처리와 전송 과정의 독립을 위해서 더블버퍼 (double buffer)가 사용되었으며, 일반화된 링버퍼 구조로 개선할 예정이다. 한편 수신측에서는 전송 받은 패킷의 손실 여부를 검사한 후 해당 신뢰성 기법에 따라 처리한 다음, 프레임 단위로 병합하여 스테레오 영상 재현을 위한 모듈로 전달한다. 전송 받은 영상 스트림은 오류 은닉 기법을 포함하는 복원단계를 거쳐서 자신의 디스플레이 환경에 맞는 디스플레이 포맷으로 디스플레이 하게 된다.

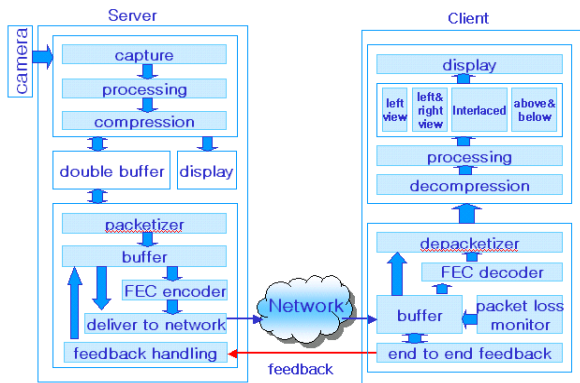


그림 1. 제안한 스테레오 비디오 전송 시스템 구성.

3. 스테레오 영상의 획득/처리 및 재현

본 시스템은 스테레오 카메라를 이용하여 인간의 좌우 양안에 해당하는 두 장의 영상을 얻는다. 그림 2 에서 보여지는 것처럼 스테레오 카메라의 구성방법은 두 대의 카메라와 피사체와의 위치에 따라서 평행식과 교차식으로 구분된다[3][4]. 실험에 사용한 카메라는 두개의 광축간격이 평행한 동기식 카메라이며, 최대 얻을 수 있는 영상의 크기는 좌우 영상 각각 가로 640 픽셀, 세로 480 픽셀이다.

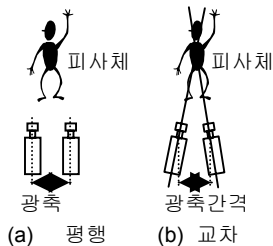


그림 2 스테레오 카메라 구성방법.

스테레오 영상은 하나의 영상 화면에 각각 좌 영상과 우 영상이 표현 되어야 하므로, 좌우영상의 동기화가 필

요하다. 제안된 시스템에서는 그림 3(d)와 같이 각각 좌 영상과 우 영상을 열 방향으로 1/2 만큼 하향 샘플링하였다. 이와 같은 형태의 표현방법은 네트워크의 허용 대역폭을 맞추기에 적합할 뿐만이 아니라 기존의 2 차원 영상 전송 방법을 직접 활용할 수 있게 하는 장점도 있다.

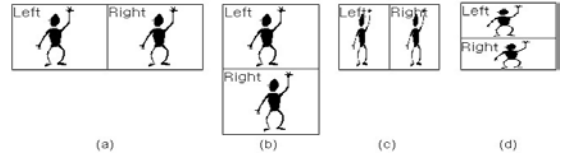


그림 3 스테레오 영상 표현 방법.

채택한 압축방법은 간단한 decimation 으로, 이는 복잡한 부호화와 복호화 과정의 수행으로 인한 지연을 방지하며, 허용된 대역폭을 최대한 활용할 수 있다. decimation 을 위한 하향 샘플링 과정에서 1/2 비율을 사용하기 때문에 발생하는 왜곡은 전 단계에서 저대역 통과 필터를 통과 시켜서 최소화하도록 한다. 수신단에서는 네트워크를 통하여 전송된 압축된 스테레오 데이터를 우선 상향 샘플링 하여 원래의 이미지 해상도로 복원한다. 복원한 이미지도 마찬가지로 저대역 통과 필터링 과정을 거쳐서 수신된 영상의 질을 향상시킨다.

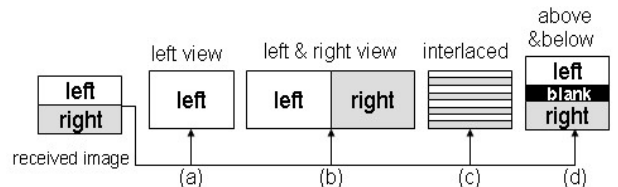


그림 4 수신측 디스플레이 구성법.

현재 구현된 시스템은 수신측에 디스플레이를 위해 그림 4 와 같이 4 가지 스테레오 영상 구성법을 지원한다. 수신측에서 스테레오 디스플레이를 위한 아무런 장비를 가지고 있지 않을 때, 그림 4 (a)와 같이 기준 영상인 좌 영상만을 상향 샘플링하여 디스플레이 한다. 그림 4 (b) 는 스크린에 좌 영상과 우 영상을 모두 디스플레이 할 수 있도록 이들 각각을 상향 샘플링하여 좌우로 배치한 구성법이다. 수신측에서는 두 대의 모니터와 편광 렌즈를 장착한 두 대의 프로젝터를 통해서 각각의 좌우 영상을 스크린에 디스플레이 한다. 사용자는 편광 안경을 착용함으로써 입체 영상을 볼 수 있다. 그림 4 (c)는 좌 영상과 우 영상 중에서 각각 홀수 번째 라인과 짝수 번째 라인의 이미지를 번갈아 배치한 구성법이다. 그림 4 (d)의 영상 구성법은 좌우영상 이미지가 각각 홀수라인과 짝수라인의 이미지로 하향 샘플링 되어 수신 받은 이미지를 상하로 배열하는데, 사이에 공백 이미지를 덧붙여 만든 구성법이다. 효과적인 3 차원 디스플레이를 위해 포함된 더미 데이터의 라인은 이미지 해상도에 따라서 달라진다. 경험적으로 이는 수직 해상도의 약 9.2%에 해당하는 값으로, 수직 해상도가 480 픽셀인 본 시스템의 영상은 약 44 라인을 공백으로 하였다[5]. 이는 수신측의 컴퓨터나 디스플레이 환경에 따라서 달라질 수 있으며, 실험을 통하여 값을 조정해야 한다.

4. Stereo 영상의 신뢰성 있는 전송

광대역 원거리 네트워크에서의 100Mbps 이상의 대용량 데이터 전송은 기본적으로 UDP 를 이용해야만 실시간 전

송이 용이하며, 이는 영상과 같이 100% 신뢰성이 필요하지 않은 경우에 더욱 두드러진다. UDP 에 실시간 기반으로 신뢰성을 부여하기 위해서 다양한 연구들이 진행되어 왔으며, 이들은 delay-constrained ARQ 및 적응형 FEC[7][8] 그리고 이들의 결합을 이용하는 방식들로 나눌 수 있다. 전술한 바와 같이 본 논문에서는 [1]에서 제안된 Reliable Blast UDP(RB_UDP) 기법을 패킷 단위 FEC 를 이용하여 확장한 아래의 세가지 전송 모드들을 이용한다.

ARQ 기반 고속 전송 모드: RB_UDP 는 대용량의 데이터를 QoS 가 보장된 광대역 원거리 네트워크에서 전달하도록 하는 방식이다. 기존의 패킷 단위의 ARQ 대신에 blast 라고 이름한 단위(예를 들어 프레임)를 모두 전송한 후, 오류가 있는 패킷들을 일괄적으로 재전송 요구를 한다. 주목할 사항은 데이터 전송은 UDP 채널을 사용하고, 피드백은 TCP 채널을 사용한다. 또한 고속 전송에 초점을 맞추었기 때문에, 일정 수준 이하로 패킷 손실이 보장되는 경우에 효과적이므로 네트워크 QoS 보장이 요구된다.


FEC 기반 고속 전송 모드: 광대역 네트워크 환경에서는 주된 데이터 손실이 단말 시스템의 디바이스 버퍼 또는 스위치 큐 등에서 일어나는 패킷 단위의 손실이므로, 패킷 전체를 복원 할 수 있는 패킷 단위 FEC 를 사용한다. 주의할 사항은 우선 잉여 패킷 생성 및 복구에 걸리는 시간 (원 패킷과 잉여 패킷과의 인접 정도 등)과 복잡도를 감안하여야 하며, 네트워크 상태에 적응적인 패킷 보호가 효율성 측면에서 매우 중요하다는 것이다. 잉여 패킷을 생성에는 1) 인접한 패킷을 이용하는 방법, 2) 패킷간 간격을 일정하게 유지하는 방법 (inter-leaving), 3) 인접한 패킷의 일정한 간격 안에서 랜덤하게 산출하는 방법으로, $N/(N-K)$ 의 간격으로 일정하게 분할한 뒤, 분할된 간격 안에서 $(N-K)^2/N$ 만큼 random 하게 생성한다. 본 논문에서는 세번째 방법을 사용한다.

Hybrid FEC/ARQ 기반 고속 전송 모드: FEC 의 실시간성과 ARQ 의 신뢰성을 결합하는 방식으로 본 논문에서는 상기한 두가지 방식을 결합하는 방법을 사용한다.

5. 실험 및 결과

5.1. 획득 처리/압축 및 재현부분의 실험 및 결과

본 실험에서 사용한 스테레오 카메라 (Pointgrey 사의 Bumblebee)는 최대 640x480 크기의 좌우영상을 초당 15 프레임까지 지원한다. 하지만 실제 실험에서는 초당 10 프레임의 속도까지 획득 할 수 있으며, 이들의 전송량은 $640 \times 480 \times 3(\text{RGB}) \times 2 \times 10 \times 8 (\text{bits}) = 147.5\text{Mbps}$ 정도 이다. 따라서 두 장의 스테레오 영상의 동기화와 간단한 압축을 위해서 네트워크에 보내기 전 획득한 좌우 영상의 데이터를 절반으로 다운 샘플링하여, 100Mbps LAN 환경에 맞추었다. 또한 샘플링 전에 저대역 통과 필터링을 함으로써 aliasing 효과를 줄일 수 있었다.

	수신측에 스테레오 디스플레이 시스템이 갖춰지지 않았을 때 좌 영상만 디스플레이 한다
---	--




	좌우 영상을 수신측의 프로젝터와 편광필터, 편광글래스를 착용함으로써 입체로 볼 수가 있다.
	인터레이스 방식의 디스플레이로 셔터 글래스를 착용함으로써 입체 영상을 볼 수가 있다.
	Sync. Double 방식의 디스플레이로 셔터 글래스를 착용함으로써 입체 영상을 볼 수가 있다.

그림 5. 스테레오 영상 디스플레이 방식 비교.

실제 수신측의 디스플레이는 그림 5 와 같이 지원되었으며, 위의 방법 중에서 편광 필터를 상용한 프로젝터를 통한 디스플레이는 수직 해상도를 떨어뜨리지 않으며, 셔터글래스 방식보다 눈의 피로가 적다는 장점이 있다. 셔터글래스를 이용한 디스플레이 방법 중 Sync. Double 방식은 인터레이스 방식보다 좀더 입체감을 느낄 수 있었다

5.2 네트워크 전송 부분의 실험 및 결과

A. LAN 테스트베드 구성

선도망을 이용한 원격 전송을 진행하기 전에, 전송 부분의 성능 평가를 위하여 100Mbps 네트워크 장치들을 이용한 LAN 에서의 전송 성능을 조사하였다. 재현성 있는 성능 비교를 하기 위하여, 그림 6 과 같이 Divert Socket [2]을 이용하여 오류 삽입 부분을 첨가한 테스트베드를 구성하였다. 즉 Divert Socket 을 중간에 두어 (Pc3) 송신측과 수신측의 프로그램에 영향을 주지않으면서 임의로 손실율과 전송 지연을 설정할 수 있도록 했다. 단, 소프트웨어로 이루어지는 Divert Socket 의 특성상 현재에는 15Mbps 이하의 전송율에서만 임의의 손실/지연 설정을 지원한다. 따라서 15Mbps 이상의 전송율의 경우에는 손실첨가 없이 연결을 해주는 상태이다. 이러한 네트워크 연결 상태에 대해서 먼저 네트워크 성능 측정 툴인 Iperf 를 이용하여 테스트베드의 성능을 측정한 결과를 표 1 에 제시하였다. 50Mbps 정도까지는 거의 손실이 없다가 84.7Mbps 정도에서는 10% 정도의 손실이 발생함을 확인할 수 있다.

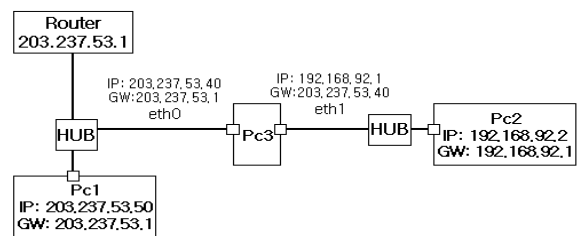


그림 6. LAN 테스트베드 구성도.

Target BW (bps)	10M	50M	100M
Interval(s)	10 sec		
BW (bps)	10M	50M	84.7M
Jitter(ms)	0.034~0.156	0.298~0.565	0.058~0.266

Loss(%)	0%	0~0.1%	11%
---------	----	--------	-----

표 1. Iperf 를 이용한 네트워크 성능 측정 (UDP).

B. 구현 전송 기법들의 성능 비교

제안한 전송 기법들을 사용하여 전송율을 변화시키면서 오류발생율, 실제 전송율, 유효 전송율등을 비교 측정하였다. 실제 전송율은 패킷의 데이터와 헤더를 모두 고려했을때의 (잉여패킷 부분 포함) 평균 네트워크 전송율이며, 유효 전송율은 실제 영상 데이터에만 해당하는 (수신측에서 측정된) 평균 네트워크 전송율로 모두 프레임 단위로 측정하여 평균치를 계산하였다. 실제 전송율을 R_s , 전체 패킷수를 N_t , 패킷의 데이터 크기를 S_p , 유효 전송율을 Th_r , 프레임의 크기를 S_f , 프레임 처리 시간을 T_f 라고 하면, 실제 전송율과 유효 전송율은 (식 1)과 (식 2)와 같이 계산된다.

$$R_s = (N_t * S_p * 8 \text{ bits/byte}) / T_f \quad (1)$$

$$Th_r = (S_f * 8 \text{ bits/byte}) / T_f \quad (2)$$

본 실험에서는 FEC 와 Hybrid FEC/ARQ 에서 잉여 패킷양은 10%, 삽입 오류 발생율은 0%를 채택하였다. 초기 오류율을 L_i (%), 재전송 후 오류율을 L_r (%) 이라고 했을 때, 실험 결과는 표 2 와 같다.

Target sending rate		ARQ	FEC (10% redun.)	Hybrid FEC/ARQ (10% redun.)
10 Mbps	R_s	10.02 M		
	L_i	0 %		
	L_r	0 %		
	Th_f	9.4 M	9.5 M	9.6 M
50 Mbps	R_s	50.13 M		
	L_i	1 %		
	L_r	0 %		
	Th_f	40.5 M	40.95 M	40.7 M

표 2 사용자 전송율에 따른 결과 (오류삽입비율 : 0%).

별도의 트래픽이 없는 경우에는 네트워크 상의 오류 (초기 오류 L_i)가 목표 전송율이 10Mbps 인 경우에는 발생하지 않았고, 50Mbps 인 경우에는 1% 정도가 발생하고 있다. 두 경우 모두 오류가 거의 발생하지 않기 때문에 성능 비교가 어려움을 확인할 수 있다. 또한 현재 단계에서는 50Mbps 경우에는 수신측에서 측정하는 기준으로 보면 전송이 약간 지연됨을 확인할 수가 있으며 이의 보완이 필요하다고 판단된다.

따라서 네트워크 상에서 손실이 발생하는 상황에서의 성능을 비교하기 위하여 Divert Socket 을 이용하여 burst error 를 10% 정도의 손실율로 조정하여 삽입한 경우에 대하여 성능 비교를 진행하였다. 이때 목표 전송율은 10Mbps 이며 FEC 와 Hybrid FEC/ARQ 의 잉여 패킷양은 10%로 채택하였다. 표 3 에서와 같이, 삽입한 손실에 따른 영향이 나타나기 때문에 전반적으로 유효전송율이 감소한다. 또한 재전송되는 패킷이 증가함에 따라 ARQ 와 Hybrid FEC/ARQ 모드의 유효전송율의 감소 폭이 커진다. 또한 재전송에 따른 지연은 실시간 재현에 상당한 지연을 주는 것을 관찰할 수 있다. 반면 FEC 모드는 실시간 전송을 보장하지만, 오류가 많아짐에 따라 복

원되지 못한 패킷량이 늘어나, 오류은닉 기법이 적용되지 않은 경우에는 화질의 손상이 관찰되었다. 따라서 네트워크 손실율에 적응적인 FEC 의 필요성을 재차 확인할 수 있다. 하지만 오류은닉 기법을 적용한다면, 전송면에서 가장 좋은 전송율을 보인다고 할 수 있다. Hybrid FEC/ARQ 모드는 재전송 패킷 수가 적절히 감소함에 따라 지연 시간이 크게 늘어나지 않았기 때문에 중간 정도의 전송율을 보인다.

Target Sending Rate		ARQ	FEC (10% redun.)	Hybrid FEC/ARQ (10% redun.)
10 Mbps	R_s	10.2 M		
	L_i	6.8 %	3.6 %	3.7 %
	L_r	0 %	3.6 %	0 %
	Th_f	8.50 M	9.34 M	8.63 M

표 3 오류처리 방법에 따른 성능 비교 (오류삽입비율: 10%).

6. 결론

본 논문은 원거리 광대역 네트워크에서의 대용량 스테레오 영상의 신뢰성 있는 실시간 전송을 위한 시스템 구현에 대하여 기술하였다. 구현된 시스템은 ARQ, FEC, Hybrid FEC/ARQ 의 기법을 이용하여 신뢰성을 보장하였으며, 고화질의 스테레오 영상을 전송하여 사용자에게 실감성과 몰입감을 제공할 수 있다. 따라서 제안한 스테레오 비디오의 신뢰성 있는 실시간 전송은 기존의 액세스 그리드의 시스템의 한계를 극복하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

7. 참고문헌

- [1] E. He, J. Leigh, O. Yu, and T. A. DeFanti, "Reliable Blast UDP : Predictable High Performance Bulk Data Transfer," in *Proc. IEEE Cluster Computing 2002*, Chicago, IL, Sept. 2002.
- [2] W. Kellerer, E. Steinbach, P. Eisert, and B. Girod, "A real-time internet streaming media testbed," in *Proc. IEEE Inter. Conf. on Multimedia and Expo (ICME `2002)*, 2002.
- [3] 김은수, 이승현, "3 차원 영상의 기초," 技多利, 1998.
- [4] 2001 신기술동향조사 보고서 "3 차원 입체 영상기술," 특허청, 2001.
- [5] Michal Husak, Guide to making your own digital stereo-video movies in DVD quality for playing on computers, <http://staffold.vscht.cz/~husakm/stereopcvideo.html>
- [6] Access Grid Homepage, <http://www-fp.mcs.anl.gov/fl/accessgrid/>
- [7] L. Rizzo, "Effective Erasure Codes for Reliable Computer Communication Protocols," *Computer Communication Review*, vol.27, April 1997.
- [8] W. Kumwilaisak, J. Kim, and C.C. J. Kuo "Video transmission over wireless fading channels with adaptive FEC" in *Proc. Picture Coding Symposium `2001*, Apr. 2001.