

# 진보된 협업환경에서 확장성 있는 미디어 가시화를 위한 디코딩 디스플레이 구조

김재윤<sup>1</sup>, 문정훈<sup>3</sup>, 광재승<sup>4</sup>, 김종원<sup>2</sup>  
광주과학기술원<sup>1,2</sup>, 한국과학기술정보연구원<sup>3,4</sup>  
{ jykim<sup>1</sup>, jonwon<sup>2</sup> }@netmedia.gist.ac.kr { jhmoon<sup>3</sup>, jskwak<sup>4</sup> }@kisti.re.kr

## Decomposable Decoding and Display Structure for Scalable Media Visualization over Advanced Collaborative Environment

Jaeyoun Kim<sup>1</sup>, JeongHoon Moon<sup>3</sup>, JaeSeung Kwak<sup>4</sup>, JongWon Kim<sup>2</sup>  
Networked Media Lab., Dept. Information and Communications,  
Gwangju Institute of Science and Technology<sup>1,2</sup>, Korea Institute of Science and  
Technology Information<sup>3,4</sup>

본 논문에서는 고화질 협업 환경에서 다수의 고화질 영상들을 처리하기 위한 타일드 디스플레이(tiled display)기반의 확장성있는 디스플레이 구조를 제안한다. 제안하는 구조는 대형 고화질 디스플레이를 제어하기 위한 기술과 다수의 고화질 영상을 제한된 시스템 자원을 이용하여 효율적으로 디스플레이 하기위한 기술을 다룬다. 제안된 시스템은 영상의 획득/디코딩/디스플레이와 같은 가시화를 담당하는 Scalable Visualization Consumer 로 명명된 확장형 가시화 응용을 포함한다. 제안된 기법들을 토대로 구현된 확장형 가시화 시스템의 성능을 평가하고자 한다.

Keyword : Scalable and seamless display, distributed visualization, high-speed transport, Access Grid, and advanced collaborative environment.

### 1. Introduction

대형 고해상도 디스플레이 시스템이 과학분야의 가시화 그리고 산업분야에서의 원격 디자인 응용과 같은 진보된 협업 환경을 위하여 점차 중요해지고 있다. 진보된 협업환경은 원격에 분산되어 있는 협력자들과 상호작용하기 위한 중요한 도구이다. 액세스그리드 (AccessGrid: AG)는 미국 아르곤 국립 연구소를 중심으로 추진되고 있는 원격협업 환경으로 영상과 음성을 포함한 다양한 데이터, 서비스, 응용 프로그램을 가상의 협업 공간 (Virtual Venue)을 통해 참가자들이 공유하도록 한다 [2]. AG는 그룹간 통신을 위한 대형 디스플레이, 상호작용적 컨퍼런싱 도구, 그리드 미들웨어 등을 포함한다. AG는 원격 미팅, 강의, 세미나와 같은 협업을 가능하게 한다. 일반적으로 하나의 디스플레이

머신이 10개 이상의 비디오 스트림을 처리할 수 있지만 AG에서 영상 톨로 사용하고 있는 VIC의 영상 화질은 화상회의의 실감성을 높이는데 많은 한계가 있다. 게다가 현재의 AG에서 사용하고 있는 디스플레이 머신의 구조는 고화질 디스플레이를 위하여 추가적으로 디스플레이 머신을 확장할 경우에는 적합하지 못하다.

협업을 위한 사용자 요구사항을 만족시키기 위해서 협업 환경은 사용자의 경험의 질을 향상 시킴으로써 실감적이고 끊임없는 협업이 가능하도록 해야한다 [1]. 영상은 경험의 질적 수준에 영향을 주는 서비스의 한 종류로써 인간의 시각적 감각과 연관이 되므로 영상의 질을 향상시킴으로써 더욱 좋은 사용자 경험을 제공할 수 있다.

고화질 영상은 많은 화소의 정보를 포함하므로 일반적으로 높은 압축 기술과 함께 사용되고 있다. 영상을 디코딩/디스플레이하기 위해서는 많은 시

스텝 자원이 필요하기 때문에 현대의 머신으로는 한계점이 있다. 그러므로 제한된 다수의 머신을 적절히 사용하여 여러 고화질 영상을 처리하는 방법이 필요하다. 이러한 관점에서 가시화 작업을 다수 머신에 분산시키는 방식이 필요하며 이때 발생하는 병목구간을 줄이면서 데이터를 효율적으로 분배하는 것이 중요하다. 기존에 많은 연구가 분산 렌더링 알고리즘과 시스템에 관하여 진행되었음에도 불구하고 고화질 비디오를 위한 타일드 디스플레이 기반의 가시화 시스템에 대한 연구는 부족한 실정이다 [2,3,4,5].

일반적인 영상 응용에서는 디코딩과 디스플레이 작업이 같은 프로세스와 같은 머신에서 실행이 되어야하는 구조로 되어있다. 하지만 분산 시스템에서 작업을 할당하기 위한 측면에서 볼 때 이러한 결합된 구조는 작업 분배의 단위를 크게 하므로 시스템 자원의 효율성을 감소시킬 수 있다. 게다가 고해상도 디스플레이를 위하여 머신을 사용하는 타일드 디스플레이 기반의 확장형 디스플레이 시스템은 프레임 동기화를 필요로 한다. 하지만 압축된 영상 스트림이 다른 머신들에게 할당이 된다면 디코딩과 디스플레이가 결합된 구조에서는 이질적인 디코딩 지연으로 인하여 다른 머신들간 프레임 동기가 어렵게 된다.

그러므로 본 논문에서는 다자간 협업 환경에서 다수의 고해상도 영상을 효율적으로 지원하기 위한 타일드 디스플레이 기반의 대형 고해상도 디스플레이 기술과 확장형 가시화 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 다양한 고화질 영상들을 지원할 수 있는 확장형 가시화 응용을 포함한다. 확장형 가시화 응용은 디코딩과 디스플레이 작업을 분할하여 할당하기 위하여 로컬의 고성능 네트워크를 이용한 혼합 가능한 디코딩/디스플레이 구조와 다수의 고해상도 영상을 다수의 시스템 자원에 효율적으로 분배하는 것이다. 제안된 시스템을 검증하기 위하여 프로토타입을 설계 구현하고 고성능 네트워크에서 성능 평가를 한다.

## 2. Proposed Scalable Visualization System

제안된 시스템에서는 다수의 고화질 영상을 디

스플레이 하기위해 효율적으로 시스템 자원을 사용하는 분리된 디코딩/디스플레이 구조와 고성능 로컬 네트워크의 조합을 이용한다. 디코딩과 디스플레이는 가장 복잡한 작업 중 하나이므로 하나의 머신으로 다수의 영상을 처리할 경우 때문이다. 이러한 부하를 나누어 분산시키기 위하여 SVC (Scalable Visualization Consumer)라고 명명된 고성능 네트워크를 기반으로 한 가시화 응용을 제안한다 [6]. SVC는 고화질 영상들을 가시화 하기 위한 전반적인 작업 (영상 획득, 디코딩, 디스플레이, 전송)들을 담당하고 이러한 응용들은 분산되어있는 자원들을 다수의 고화질 영상을 처리하기 위하여 사용한다. SVC Controller는 분산된 자원과 같은 SVC 들을 가시화 하기 위한 전반적인 작업을 할당하면서 관리한다.

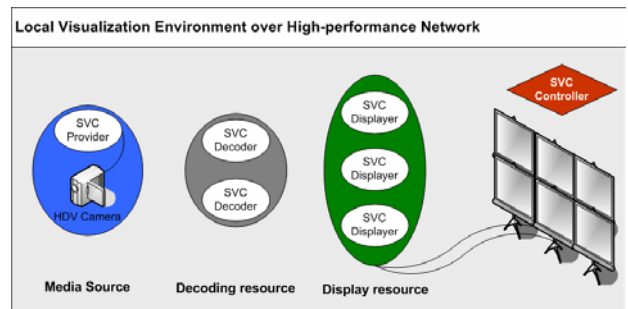


그림 1. 제안된 확장형 가시화 시스템 모델.

SVC와 SVC Controller에 의해서 구성된 확장형 가시화 시스템은 그림 1에 나타난 것과 같다. SVC가 실행될 때 SVC Controller에 연결을 시도하고 SVC Controller는 제어 인터페이스와 연결된 SVC들의 정보를 이용하여 원하는 가시화 환경을 설정할 수 있다.

본 논문에서 제안한 영상의 획득/디코딩/디스플레이를 Network를 기반으로 분리한 구조는 다음과 같은 3가지 장점을 가진다. 첫째, SVC Controller는 동적으로 다양한 가시화 작업을 연결된 SVC들에게 할당할 수 있으므로 구조적으로 다양한 확장이 가능하다. 둘째, 다수의 머신들의 결합을 통하여 머신 하나의 처리능력 이상의 작업을 할 수 있다. 셋째, 확장형 가시화 시스템을 위한 다수의 머신들을 관리할 수 있는 통일된 사용자 인

터페이스를 통해 편리한 제어가 가능하다. 제안된 구조의 단점은 로컬 네트워크는 디코딩된 영상을 시스템 자원들 간에서 전송하기 위하여 1Gbps 이상의 대역폭을 제공해야한다는 점이다. 시스템 내부의 버스 역시 네트워크 인터페이스와 메인 메모리 사이에서 병목구간으로 작용할 수 있다. 즉, 제안된 시스템에서 고려해야할 점은 디코딩된 픽셀 데이터를 효율적으로 분배하는 것이므로 다수의 고화질 영상을 디스플레이 하기 위해서는 충분한 로컬 네트워크와 시스템 버스의 대역폭이 요구된다.

### 2-1. Scalable Visualization Consumer

SVC 의 구조는 단순하면서 다양한 형태로 확장가능한 구조로 설계되었다. SVC 의 구조 핵심은 기본적으로 세가지 모듈(input module, decode/transform module, output module)로 구성된다. 그림 2 는 SVC 의 기본 구조를 각 모듈별 기능에 대하여 묘사하고 있다.

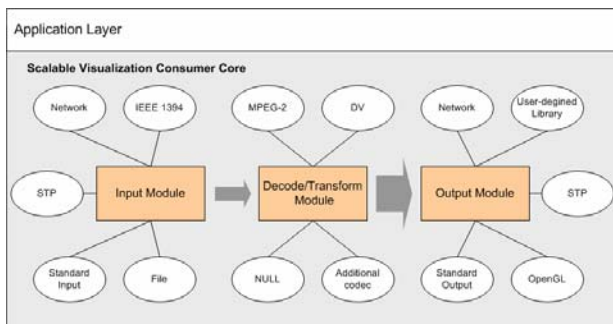


그림 2. The basic design of the SVC.

input module 은 file, IEEE 1394 또는 network 와 같은 다양한 소스에서 입력 데이터를 수신하는 기능을 한다. 획득된 입력 데이터들은 decode/transform module 로 전달되고 압축형식 또는 압축정도의 변환과정이 수행된다. 마지막으로 output module 은 변환 과정을 거친 데이터들의 목적지로서 표준 출력, network, 사용자 정의 라이브러리 그리고 디스플레이로 구성된다.

그러므로 앞에서 설명한 3 가지의 모듈을 통하여 다양한 조합이 가능하고 대표적으로 SVC 는 다음과 같은 3 가지 형태의 모드로 실행가능하다:

SVC Provider, SVC Decoder, SVC Displayer. SVC Provider 는 비디오 캡코더의 IEEE 1394 와 같은 인터페이스를 통하여 영상을 획득하여 네트워크로 전송하는 역할을 한다. SVC Decoder 는 SVC Provider 로부터 전송된 압축된 영상을 수신하여 변환 시킨후 다수의 SVC Displayer 들로 전송한다. 마지막으로 SVC Displayer 는 네트워크를 통하여 전송되어 온 변환된 데이터를 디스플레이 하여 최종 출력을 한다.

#### 2-1-1. SVC Transport Protocol for Raw Frame Transfer

그림 3 은 SVC Decoder 가 디코딩된 영상을 SVC Displayer 로 전송하는 방식을 나타낸다. 디코딩된 영상의 크기는 매우 크기 때문에 이를 전송하기 위한 대역폭을 줄이기 위하여 SVC Decoder 는 디스플레이 영역에 따라 데이터를 분할한 후 각각의 SVC Displayer 에게로 전송한다. 이를 통하여 SVC Decoder 의 출력을 위한 대역폭은 SVC Displayer 의 갯수에 상관없이 유지될 수 있다.

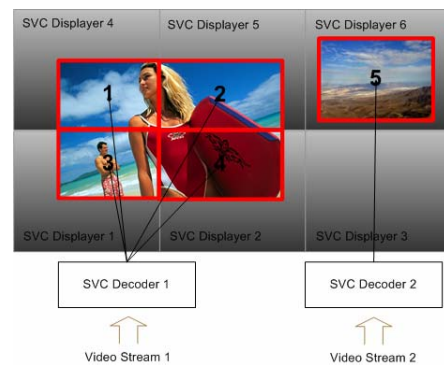


그림 3. The display distribution of decoded frames.

#### 2-1-2. Adaptive Frame Rate Control for Temporal Scalability

이 부분에서는 프레임 기반의 우선순위화 된 폐기 기법을 위한 수신자 측의 실용적인 디자인과 구현에 대해서 설명한다. SVC Decoder 가 최대 프레임 비율로 디코딩 가능하더라도 디코딩 된 프레임들은 대역폭 부족으로 인하여 SVC Decoder 와 SVC Displayer 사이에서 손실될 수 있다.

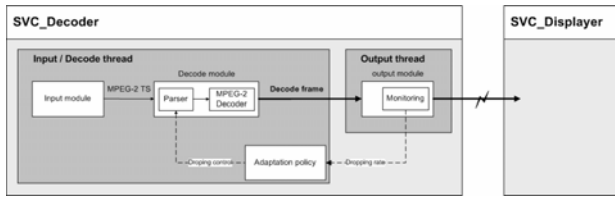


그림 4. Adaptive frame priority-based dropping in SVC Decoder.

디코딩 된 프레임의 전송을 위한 요구 대역폭을 줄이기 위하여 프레임 폐기 기법은 디코딩 이전과 이후 2 가지 부분에서 추가될 수 있다. 만약 프레임 폐기 기법이 디코딩 이후에 추가가 된다면 구현 및 구조는 매우 간단해진다. 하지만 디코더는 항상 최대 프레임 비율로 디코딩 해야하므로 불필요한 시스템 부하가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 디코딩 전에 프레임 손실 기법을 추가함으로써 대역폭 뿐만 아니라 시스템 부하를 동시에 줄일 수 있는 방법을 사용한다. 이 방법은 압축된 스트림을 프레임 단위로 손실시키기 위한 분석기와 적응형 프레임 손실 정책이 필요로 한다.

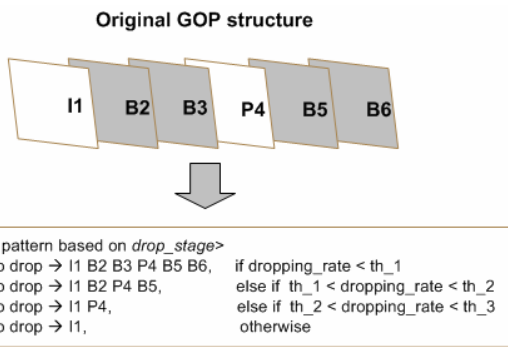


그림 5. Frame dropping policy for MPEG-2 based on drooping stage.

그림 5 는 drop\_state 의 레벨에 따른 MPEG-2 스트림을 위한 프레임 기반 손실 정책들을 보여준다. drop\_state 는 net\_state 와 사전에 정의된 threshold 들에 의해서 결정이 되며 net\_state 는 프레임 손실율의 누적 합으로 계산 되어진다. 압축된 스트림을 위한 분석기와 적응형 프레임 손실 기법의 조합을 이용하여 시스템 부하 및 전송을 위한 네트워크 대역폭을 줄일 수 있다.

### 2-1-3. Frame Synchronization Control Protocol

SVC Decoder 에서 전송되기 위해 분할된 프레임 들은 동시에 타일드 디스플레이에서 갱신이 되어야 하므로 확장성 있는 가시화 시스템을 위해서는 디스플레이 머신간의 프레임 동기화 기법이 반드시 필요하다. 기존의 프레임 동기화 기법은 하나의 동기화 마스터와 다수의 동기화 슬레이브가 디스플레이를 위한 과정에서 주기적으로 잠그고 잠김으로써 여러 디스플레이의 프레임 동기를 유지한다. 하지만 프레임 비율이 다른 영상들이 디스플레이 될 경우 하나의 동기 마스터에 기반한 기존의 프레임 동기 기법을 사용한다면 영상들의 전체 프레임 비율을 최저 프레임 비율로 조정될 것이다. 따라서 본 논문에서는 그림 6 과 같이 다수의 가상 동기화 마스터에 기반한 그룹 프레임 동기화 기법을 이용하여 영상들간의 차별화된 프레임 비율을 최대한 보장한다.

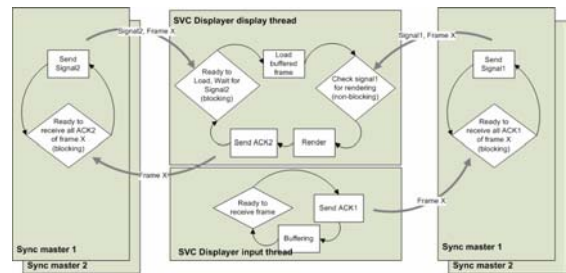


그림 6. Frame synchronization control.

### 2-2. Scalable Visualization Consumer Controller

SVC Controller 의 설계는 SVC 들(SVC Provider, SVC Decoder, SVC Displayer)을 통합 관리하기 위하여 고려되었다. 그림 8 은 기본적으로 2 개의 인터페이스(SVC control interface, UI control interface)와 하나의 매니저 (resource manager)를 포함하는 SVC Controller 의 블록 다이어그램을 나타낸다.

Control interface 는 SVC Controller 와 SVC 들 사이에서 컨트롤 메시지를 전달하기 위하여 사용되고 UI interface 는 사용자가 콘솔 혹은 원격에서 시스템 자원들을 제어하는데 사용된다. Resource manager 는 연결된 SVC 들의 능력 및 현재 설정된 가시화 환경에 대한 정보들 (i.e., 사용가능한 코덱,

타일드 디스플레이에서의 디스플레이 머신의 갯수)을 저장하고 관리한다.

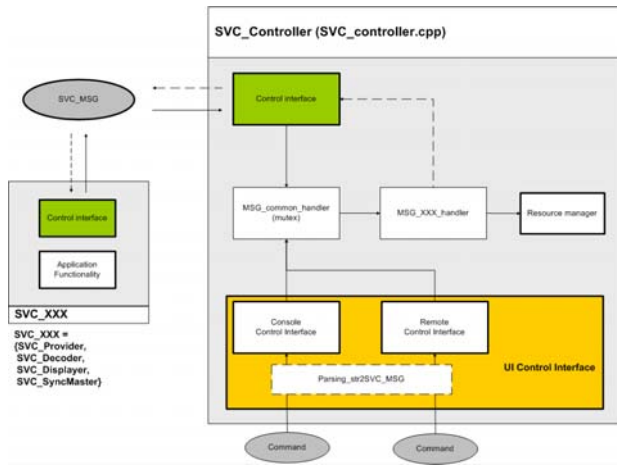


그림 7. Block diagram of SVC Controller.

협업 환경을 위하여 SVC 와 SVC Controller 로 구성된 원격의 가시화 환경들은 서로 통신을 하여야 하므로 SVC Controller 는 로컬의 SVC Provider 에 대한 세션 정보들을 세션 공지용 채널 (session announcement channel)을 통하여 주고받는다. 최종적으로 협업을 위하여 분산되어 있는 SVC 들을 위한 연결은 그림 9 와 같이 미디어 파이프라인의 형성을 통하여 이루어진다.

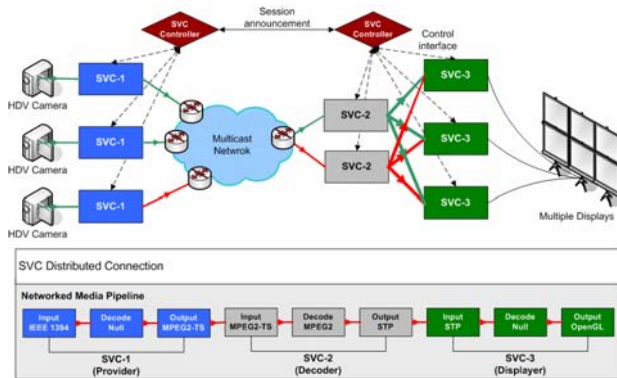


그림 8. Distributed SVC connections.

### 3. Experimental Results

#### 3-1. Experiments for Functionality of Tiled displays

제안된 시스템의 타일드 디스플레이의 기능을 평가하기 위하여 SVC 와 SVC Controller 기반의 확

장형 가시화 시스템의 프로토타입을 구현하였다. 본 실험을 위하여 SVC Displayer 를 위한 25 대, SVC Decoder 를 위한 1 대의 머신과 50 대의 20 인치 LCD 모니터들로 구성된 테스트 베드를 이용하였다. 26 개의 머신들은 1Giga network 에 연결되었고 각 머신들은 4GB 의 RAM 과 NVIDIA Quadro FX3000 그래픽스 카드를 탑재하였다.



그림 9. SVC prototype for scalable display system.

그림 9는 SVC Decoder가 SONY HVR-Z1U HDV 캠코더에서 획득된 1440x1080 의 MPEG-2 영상을 디코딩한 후 25 대의 SVC Displayer (해상도: 16000x6000)에게 전송하는 모습을 나타낸다.

#### 3-2. Experimental results for Performance Evaluation

제안된 프레임 기반 손실 기법에 대한 성능 측정을 위하여 그림 10 과 같은 1Gbps 네트워크 기반의 테스트 베드를 구축하였다. 각 머신들은 1GB 메인 메모리와 Intel Xeon 2.8GHz CPU 를 탑재한 워크스테이션으로 구성되었다.

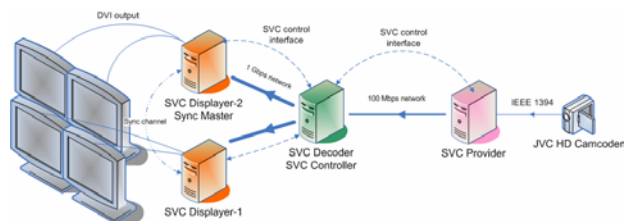


그림 10. Configuration for test bed.



표 1 은 4 가지의 손실 정도에 따른 SVC Decoder 의 성능평가에 대한 결과이다. 본 논문에서 제안한 압축된 스트림을 디코딩 전에 손실시키는 방식은 SVC Decoder 의 출력 대역폭 뿐만 아니라 시스템 부하 역시 줄일 수 있었다. 이것은 확장형 가시화 시스템에서 다수의 영상을 병목구간을 줄이면서 디코딩 해야할 경우 제안된 손실 기법은 네트워크와 시스템 부하를 동시에 줄여주므로 효율적인 자원 관리에 적합하다는 것을 알 수 있다.

표 1. Performance results of SVC Decoder.

Frame-based dropping stage	Performance Metric		
	Decoding rate (fps)	Bandwidth (I/O byte)	CPU Utilization (user/system %)
No-drop	29.7	4200/80700	55/11.0
Partial-B-drop	20	3493/41847	41.9/7.0
All-B-drop	10	3090/27870	24.3/4.0
All-B-P-drop	5	2790/13933	14.6/2.8

표 2. Performance result of SVC Displayer

Frame-based dropping stage	Performance Metric	
	Bandwidth (I/O Bytes)	CPU Utilization (user/system %)
No-drop	41300/911	25.0/47.0
Partial-B-drop	22875/479	26.2/58.0
All-B-drop	14305/319	24.3/61.0
All-B-P-drop	7150/157	25.2/67.4

표 2 는 제안된 손실 기법에 따른 SVC Displayer 의 성능평가에 대한 결과이다. SVC Displayer 는 디코딩 작업을 수행하지 않고 디스플레이 작업만을 수행하므로 네트워크 인터페이스에서 허용가능한 범위의 대역폭 이내의 데이터를 수신하고 디스플레이 할 경우는 시스템 부하에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 다수의 고화질 영상을 가시화 하기 위하여, 시스템 부하를 유발하는 디코딩 작업과 다량의 대역폭을 요구하는 디스플레이 작업을

고성능 네트워크를 이용하여 분리함으로써 가시화 시스템에 보다 확장성을 제공하는 혼합가능한 디코딩/디스플레이 구조를 제안하였다. 또한 확장형 가시화 시스템에서 발생할 수 있는 병목구간을 조절하기 위한 수신자 기반 적응형 프레임 손실 기법에 대해서도 다루었다. 제안된 확장형 가시화 시스템은 다수의 영상을 취급해야하는 고화질 협업환경을 위한 가시화 시스템의 성능을 향상시키는데 일조할 것으로 기대된다.

#### 5. 감사의 글

본 연구는 KISTI (Korea Institute of Science and Technology Information) 와 University of Illinois at Chicago EVL (Electronic Visualization Laboratory)의 지원에 의해서 수행되었음.

#### 6. 참고 문헌

- [1] B. Corrie, S. Marsh, and S. Noel, "Towards quality of experience in advanced collaborative environments," in *Proc. of the 3rd Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE'04)*, June 2003.
- [2] AccessGrid, <http://www.accessgrid.org>.
- [3] Video Presence, <http://if.anu.edu.au/SW/VP.html>.
- [4] L. Renambot, A. Rao, R. Singh, B. Jeong, Krishnaprasad, Naveen, V. Vishwanath, V. Chandrasekhar, N. Schwarz, A. Spale, C. Zhang, G. Goldman, J. Leigh, and A. Johnson, "SAGE: the Scalable Adaptive Graphics Environment," in *Proceedings of 2nd Workshop on Advanced Collaborative Environments (WACE'03)*, Sep. 2004.
- [5] G. Humphreys, I. Buck, M. Eldridge, and P. Hanrahan, "Distributed rendering for scalable displays," *IEEE Supercomputing*, 2000.
- [6] G. Humphreys, M. Houston, Y. Ng, R. Frank, S. Ahern, P. Kirchner, and J. T. Klosowski, "Chromium: A Stream-processing framework for interactive rendering on clusters," in *Proc. of SIGGRAPH*, 2002.
- [7] Jaeyoun Kim and JongWon Kim, "Decomposable decoding and display structure for scalable media visualization over advanced collaborative environments," in *Proc. of SPIE ITCOM'2005*, Oct. 2005.