

KLIMEX(KAIST Live MPEG-2 EXtension)를 이용한 고성능 화상회의 시스템

박승범*, 전 길 남
한국과학기술원 전산학과

KLIMEX(KAIST Live MPEG-2 EXtension) for high performance videoconferencing

Seungbeom Park, Kilnam Chon
Dept. of Computer Science, KAIST

요 약

인터넷의 급속한 수요의 증대와 단말 시스템 성능의 향상은 네트워크 멀티미디어의 사용과 성능에 대한 관심을 증대시키고 있다. 결과적으로 고 대역폭의 네트워크와 고 수준의 시스템을 요구하는 멀티미디어 데이터들이 가능한 응용개발이 가능하게 되었다. H.261과 같은 기존의 화상회의 시스템에서 사용되는 비디오 코덱은 상대적으로 낮은 대역폭의 네트워크에서의 사용을 목적으로 설계되었다. MPEG-2 비디오 데이터는 해상도, 대역폭, 및 유연성을 갖춘 고 수준의 비디오 데이터로서 VOD나 영상전송시스템과 같은 응용에서 사용되어질 비디오 데이터로서 많은 연구와 개발이 진행되어지고 있다.

이 논문에서는 KLIMEX(KAIST Live MPEG-2 EXtension)를 구성 및 구현하여 MPEG-2 비디오 데이터를 실시간으로 처리할 수 있도록 하였고 화상회의 운용틀인 vic(?)에 통합하여 MPEG-2 비디오 데이터의 전송과 수신이 가능하도록 시스템을 구성하였다. KLIMEX를 구성은 인코딩, 디코딩과 패킷타이징을 핵심모듈로 하고 있고, 각 모듈의 구현상에서 요구사항, 성능향상의 방안과 화상회의 운용틀과의 통합에 대해서 논의 및 분석을 제시한다. MPEG-2를 이용한 네트워크 응용의 다양한 연구는 여기서 제시하는 KLIMEX와 통합 시스템 프로토타입을 이용하여 고성능 화상회의 시스템의 연구에 적용할 수 있다.

1. 서 론

인터넷의 성장에 따른 네트워크의 기술 개발로 고 대역폭의 데이터 전송이 가능한 네트워크가 등장했고, 단말 사용자들의 시스템의 성능이 향상됨에 따라 사용자들은 고 수준의 향상된 멀티미디어 데이터를 요구하게 되었다. ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)에서는 다양한 네트워크 환경에서 화상회의 시스템과 같은 통신 시스템의 기술적 요구사항에 대한 표준 권고안을 제시하고 있다. 이 중 ATM같은 고 대역폭의 네트워크에서는 H.310이라는 비디오/오디오 시스템 표준을 제시하였고 여기서 사용되어지는 비디오 코덱으로 H.262(ISO/IEC13818-2)를 채택하고 있다.[Okubo97] 기존의 저 대역폭의 네트워크를 목표로 제정된 시스템 표준 권고안에서는 H.261과 같은 CIF수준의 데이터를 채택하였다. 이와 같이 기존에 사용되고 있는 비디오 데이터에 대한 화질과 성능 향상이 요구되어지는데, 이러한 요구 사항에 적합한 기존의 비디오 데이터를 대체할 수 있는 비디오 데이터로 MPEG-2 [ISO94]를 들 수 있다. MPEG-2 비디오 데이터는 스트림의 대역폭에 따라 다양한 응용들의 매개체로 사용되어질 수 있는 상호 운용성을 가지고 있고, 화질이나 성능면에서도 우수하여 고 수준의 비디오를 요구하는 많은 응용분야에서 사용되어지고 있다. 특히 네트워크 환경에서 통신 시스템 중 이러한 MPEG-2 비디오를 이용한 응용 개발의 노력과 연구가 진행중이다. 이 논문에서는 MPEG-2 비디오를 실시간 처리하는 모듈들로 구성된 KLIMEX(KAIST Live MPEG-2 EXtension)의 설계와 구현을 하였고, 네트워크 환경 하의 통신 시스템인 화상회의 시스템에 실시간 MPEG-2전송이 가능하도록 KLIMEX를 통합하였다.

1.1. 디지털 비디오

화상회의 시스템이나 인터넷 기반의 비주얼 통신 같은 응용은 원거리통신을 위한 인프라 구조로 자리잡아 가고 있다. 이러한 비주얼 응용에서 사용되는 비디오압축 방법의 선택은 채널의 대역폭이나 사용목적에 따라 알맞게 선택되어야 한다. 현재 표준화되어진 비디오 코덱은 ITU에서 제정한 H.261

과 같은 H시리즈가 있고 ISO/IEC에서 제정한 MPEG과 같은 코덱이 있다. 화상회의 시스템에서 사용되어지는 디지털 비디오는 각각이 가지는 요소들에 따라 다양하게 개발되어지고 응용되어지고 있다. 채널의 대역폭의 수준에 따라 기존의 화상회의 시스템에서 사용되고 있는 디지털 비디오 코덱은 QCIF나 CIF의 해상도와 1.5Mbps 이하의 대역폭을 가지는 데이터가 주를 이루고 있다. 채널의 대역폭의 증대, 단말 시스템의 성능 향상과 비디오 압축 기술의 발전으로 고 수준의 시스템에서는 적어도 4CIF이나 ITU-R601 이상의 해상도와 1.5~30Mbps의 대역폭의 비디오 데이터를 수용하는 것으로 하고 있다[Ebrahimi98]. 표준화된 대표적인 디지털 비디오는 H.261, H.263, MPEG-1,2,4등이 있으며 이 중 MPEG-2는 위에서 말한 새로운 응용에서 사용되어질 수 있는 해상도, 상호 운용성, 압축기술에 따른 대역폭을 충족 시켜 줄 수 있는 표준화된 비디오 코덱으로 네트워크 전송을 위한 표준이 제정되었고 많은 연구가 진행중이다. 현재 MPEG-2는 다양한 응용제품과 전송, 저장 미디어로서 호환적으로 사용되어지고 있고, 5개의 프로파일과 4개의 레벨을 정의하여 프로파일과 레벨의 조합에 따라 11개의 클래스를 정의하였다. 현재 가장 많이 사용되어지고 있는 클래스는 MP@ML(Main Profile at Main Level)로서 720x576의 해상도와 초당 30프레임, 그리고 최대 초당 15Mbit의 대역폭을 가질 수 있다. 다양한 클래스 제공에 따라 해당 응용에 맞게 클래스를 선정하여 사용할 수 있지만 이 논문에서는 MP@ML 클래스를 이용하여 화상회의 시스템에 통합함으로써 기존의 시스템보다 비디오 데이터 수준에서 향상된 성능을 보여준다.

1.2. 관련연구

Mannheim에서는 IETF(Internet Engineering Task Force)의 권고안에 정의된 MPEG을 위한 RTP 패킷화 방법을 적용하여 구현을 하는 것이 목적이

있고 실험 환경을 구성하기 위하여 MPEG 디코더를 vic시스템에 확장 통합 하였다. 확장된 vic를 이용하여 전송측에서는 인코딩 된 MPEG 패킷을 읽어 서 패킷화 하여 전송이 가능하고 수신측에서는 MPEG-2비디오 데이터를 디 코딩이 가능하다. 즉 MPEG-2비디오의 실시간 처리가 되지 않으므로 MPEG-2를 이용한 화상회의를 할 수 없고 저장된 파일 스트림 전송만 가능 하다. INRIA에서는 IVS the Next Generation(Rendez-Vous) 시스템을 고안 하고 개발했다. Rendez-Vous시스템은 IVS와 같이 비디오와 오디오가 통합 된 시스템이다. 각 데이터를 계층화 시켜서 전송과 수신 및 각 계층의 동기 화를 통하여 단말시스템의 리소스를 최적화할 수 있도록 하였다. 이 시스템 은 RTP에 기반 한 멀티캐스트와 유니캐스트를 지원하고, 사용되어지는 비 디오 코덱은 기본적으로 H.261이고 MPEG 1/2 패킷을 읽어서 트랜스 코딩 하여 전송한다. Rendez-Vous도 마찬가지로 MPEG-2비디오 데이터의 실시간 처리 를 할 수 없다. IETF의 AVT(Audio/Video Transport) 워킹그룹은 UDP/IP 멀티캐스트를 통해 실시간으로 전송되는 오디오/비디오 데이터를 위한 프로 토콜을 정의하고 그 프로토콜과 함께 화상회의 시스템의 프로파일과 패킷화 방법 에 대하여 제시하기 위해 형성되었다. 1996년에 MPEG-1/2 데이터의 패 키트화 방법에 대한 인터넷 컨소시엄을 최초로 제시하였고, 여기에서는 MPEG-2 프로그램, 트랜스포트 및 비디오/오디오 스트림으로 구분하여 각각의 실시간 전송 방법과 RTP를 이용하여 전송할 때 패킷화 하는 방법 등에 대하여 제 시하고 있다. 1998년에 패킷 상실 복원 방법에서 MPEG-2에 필요한 추가적 인 피쳐 레터를 포함시켰고PEG 데이터의 보안에 관한 고려사항이 새로운 부분으로 추가 되어 1998년에 재정의 되었다. KLIMEX에서는 RTP지원을 위하여 여기서 제시된 방법에 근거하여 패킷화를 처리하는 모듈을 구현하였 다. 현재 MPEG-4 표준화에 발맞춰 MPEG-4 데이터의 패킷화 방법에 대한 논의가 진행 중이다.

2. 화상회의 시스템

네트워크의 개발과 발달에 따라 네트워크를 이용한 정보교환수단이 보편화되 고 있다. 네트워크를 이용한 기본적인 정보교환수단은 전자우편, 파일전송, 뉴스 등이 있다. 멀티미디어의 사용이 가능해지면서서 이러한 정보교환의 수 단으로 화상회의, 네트워크 방송 등 다양한 형태의 서비스와 수단이 사용되어 지고 있다. 이 중에서 화상회의는 영상과 음성 데이터를 기본 통신수단으로 하여 원격지의 사람들을 하나의 시스템으로 연결해 준다. 사용되어 지는 목 적이나 사용환경에 따라 사용되어지는 멀티미디어의 형태나 품질이 다양한 화상회의 시스템이 개발되고 실험 중이다. 화상회의 시스템이 사용되어지는 네트워크 환경도 더욱 다양해지고 대역폭도 증대되고 있으며, 고 수준의 해상 도나 성능을 가지면서 상호 운용성이 뛰어난 비디오 데이터를 매개체로 하 려는 연구가 진행되어지고 있다. 화상회의 시스템은 특성 상 당사나 사용 자가 동시에 데이터를 전송하고 수신하는 형태를 취하게 된다. 이런 특성 상 대역폭의 회생을 막기 위해 화상회의 시스템은 멀티캐스팅을 지원해야 한다. 현재 이런 멀티캐스팅은 MBone과 같은 가상의 네트워크가 아닌 인터 넷의 한 부분으로 자리잡고 있다.

화상회의 시스템이 사용되는 네트워크의 변화중의 하나가 대역폭의 증대인 데 이는 사용되어지는 데이터의 수증량상으로 자연스럽게 이어진다. 화상회 의 시스템에 추가되는 사항이 있을 때 이를 수용할 수 있는 유연성과 확장 성을 가진 시스템 구조가 요구되어지는데, 예를 들어 새로운 비디오 데이 터를 처리할 수 있는 부분이 추가되어 질 때 모듈로서 추가되어 질 수 있어야 하고, 이러한 모듈이 추가되었을 때 시스템의 전반적인 성능이 저하되지 않 아야 한다. IP 멀티캐스트가 보급되며 다양한 화상회의 시스템이 그 용용으 로 개발되어졌는데 초기에 나온 것으로 Xerox PARC의 nv[Frederick94]와 INRIA의 IVS[Turletti94]가 있다. 이 두 시스템은 낮은 대역폭의 비 디오 데이터를 지원하도록 만들어졌다. vic[McCanne95]은 nv와 IVS를 좀 더 확장하고 유연한 시스템구조를 가지는 비디오 데이터만을 지원하는 화상 회의 시스템이다. 이러한 유연한 구조는 네트워크 계층의 비의존성, 하드웨어 기반의 코덱, 화상회의 조정 모듈, 확장 가능한 사용자 인터페이스와 다양한 압축 알고리즘의 지원하는 것을 특성으로 한다.

3. KLIMEX

MPEG-2 비디오 데이터를 처리하는 모듈은 인코딩, 디코딩과 패킷화를 하는 것으로 크게 나누어지는데 그림 1은 이러한 KLIMEX의 구조를 보여준 다. 인코딩 모듈에서 비디오 입력은 화상회의 시스템으로부터 전달 받거나 아니면 인코더에서 비디오 입력을 직접 받아 처리할 수 있어야 한다. 입력된 비디오는 MPEG-2의 구조에 맞추어 압축된다. 압축된 MPEG-2 비디오 데이 터는 프레임 간의 참조형태를 취하기 때문에 출력 형태는 시퀀스 스트림의 형태이고 생성된 시퀀스 스트림을 사용하기 위해 버퍼를 사용한다. 디코딩

모듈의 경우 시스템으로부터 패킷 형태나 MPEG-2비디오 스트림의 형태로 데이터를 전달 받는다. 디코더는 전달된 데이터의 형태에 따라 처리할 수 있어야 하고 MPEG-2스트림을 복원하여 출력 비디오 데이터를 생성한다. 출력 비디오 역시 시스템이 요구하는 형태에 따라 생성할 수 있어야 하고 시스템 에 맞게 설정되어 사용되어야 한다. MPEG-2 비디오 데이터는 소프트웨어 를 이용하여 실시간으로 처리하는 작업은 단말 시스템의 성능에 의존하게 되므로 전체 시스템 성능저하를 막는 방안이 보완되어야 한다. KLIMEX는 RTP를 지원하기 위해 MPEG-2스트림을 RTP패킷화 하는 모듈을 포함한다. ALF디자인은 각 멀티미디어 데이터를 처리하는 모듈에서 해당 데이터에서 요구되어지는 사항을 충족시키도록 하고 있다. 이렇게 함으로써 시스템의 다 른 부분에 영향을 주지 않고 통합되어 질 수 있다. 그 외에 KLIMEX모듈을 선택하거나 제어할 수 있도록 사용자 인터페이스의 추가제정이 요구되어진 다. 구현에 있어서 시스템의 성능향상을 위해 MPEG-2데이터를 전송하는 화 상회의 시스템은 전송측에서는 하드웨어 인코딩을 이용하여 시스템을 구성 하고 수신측에서는 시스템 사용의 범용화를 위해 소프트웨어 디코딩을 이용 하여 시스템을 구성하였다. 통합 기반 시스템으로 vic를 이용하였다.

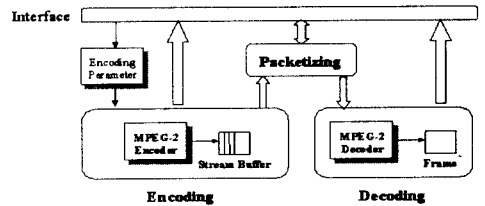


그림 1 KLIMEX 구조

3.1. 인코딩 모듈

인코딩 작업은 MPEG-2스트림을 생성하여 버퍼에 채우는 루프를 통해 진행된다. 루프가 진행될 때 자연스럽게 인자 설정이 반영되어 질 수 있고 시퀀스 스트림 헤더와 I프레임의 주기적인 반복을 통하여 손실에 따른 복원 을 용이하게 할 수 있다. 통합 시스템의 효율적인 측면에서 인코딩에서 전송 까지의 모듈들의 연결에서 프레임의 사용이 고려되어진다. 프레임 사용 할 경우 각 모듈들의 동기화와 제어 등의 복잡도가 증가하지만 각 모듈들의 성 능은 향상되어지고 전체 시스템의 성능이 향상되어질 수 있다[Basso98]. 그 림 2의 가는 프레임 사용 이용하고 인코딩 모듈을 구성한 경우를 보여주고 있는 프레임 사용 이용하는 경우이다. 첫번째 경우의 발생하는 문제점은 시 스템 내부에서 이루어지는 작업들이 순차적으로 진행되므로 모듈간의 효율 성이 떨어질 수 있다. 그림 2의 두 번째 그림은 프레임 사용 이용하여 인코딩 루프와 시스템 루프는 동시에 진행된다. 이 경우 고려해야 할 사항은 MPEG-2비디오 버퍼, 하드웨어 제어이다. 인코딩 루프는 자체 버퍼를 가지 고 생성된 MPEG-2 비디오 스트림을 버퍼에 계속하여 채우게 되고 vic시스 템 역시 버퍼를 가지고 인코더 버퍼로부터 복사를 하여 다른 작업에 사용 할 수 있도록 한다.



가. 프레임 미사용 나. 프레임 사용
그림 2 KLIMEX 구조

3.2. 디코딩 모듈

MSSG(MPEG Software Simulation Group)에서는 기계의 환경에 상관없 이 MPEG-2 비디오를 처리할 수 있는 디코더를 ISO표준안에 제시된 사항을 만족시키도록 설계 구현하였다. KLIMEX를 구성하는 부분 중 MPEG-2디코 딩 부분은 MSSG MPEG-2디코더를 핵심 부분으로 하여 사용목적에 맞게 약간 변형하여 사용하였다. MSSG MPEG-2 디코더는 MPEG-2스트림을 입 력으로 받아들이며 디코딩을 한다든 YUV, RGB등 다양한 형태로 변환하여 출 력을 한다. 기본적으로 YUV를 지원하며 나머지 포맷은 변환을 통하여 제공 한다. 디코딩 모듈이 사용되는 것은 전송측 수신측 모두에 해당한다. 전송측

에서는 무프백 디코딩을 하고 수신측에서는 전송된 비디오 데이터를 디코딩한다. MPEG-2프레임의 디코딩은 해당 프레임의 전후 프레임을 참조하여 디코딩하고 여러 단계를 거쳐 압축을 복원하므로 사용하는 메모리의 크기가 크고 프로세서의 성능에 상당히 의존하게 된다. 이는 시스템의 성능저하를 유발하는데 이를 방지하기 위해 처리되는 프레임의 비율에 따라 미리 프레임 비율을 처리하지 않도록 구성 할 수 있다. MPEG-2비디오 프레임의 처리되는 비율에 따라 (I,P,B), (I,P), (I only)와 같이 처리할 프레임 집합을 구성하여 처리할 수 있다.

3.3. 패킷화 모듈

권고안에서는 MPEG스트림을 채택하는 다양한 범위의 응용 시스템을 지원하기 위하여 패킷화 방법에 대하여 2가지로 구분하여 정의하고 있다. 첫째는 MPEG 시스템 인코딩을 사용하는 것에 대한 것으로서 MPEG1/2 시스템과 MPEG2 트랜스포트 스트림의 캡슐화(encapsulation) 하는 방법을 정의하여 모든 형태의 단말 시스템에서 상호 동작을 할 수 있도록 하였고, 두 번째는 MPEG 기본 스트림(elementary stream)의 캡슐화에 대하여 정의하여 인터넷을 기반으로 한 단말 시스템 (TAES, RAES)만을 위해 사용할 수 있도록 하였다. MPEG를 사용하는 인터넷을 기반으로 하는 화상회의의 같은 시스템에서는 인터넷 구조와 최대한 상호 호환성을 제공하는 두 번째 패킷화 방법을 사용하는 것이 더욱 효율적이다. KLIMEX는 MPEG기본 스트림의 패킷화 방법을 이용하여 구현되었다.

4. 실험 및 분석

4.1. KLIMEX 인코딩 모듈 성능 분석

KLIMEX에서는 인코딩 모듈에서 Mvision10-PCI 하드웨어 인코더를 이용하여 MPEG-2비디오 스트림을 생성하는데 하드웨어 버퍼의 크기와 대역폭 설정에 따라 생성된 스트림의 내용이 달라진다. 하드웨어 버퍼는 128KB에서 1MB까지 설정이 가능하며 버퍼의 크기가 증대됨에 따라 한 번의 무프백 걸리는 시간은 길어지며 생성되는 프레임의 수는 증대된다. 설정된 대역폭에 따라 버퍼의 크기 조정으로 MP@ML의 MPEG-2비디오 스트림을 생성할 수 있고 한 프레임의 생성에 30msec이상의 시간이 소요되므로 다른 작업과 병행될 때 시스템의 성능에 영향을 받는다.

4.2. KLIMEX 디코딩 모듈 성능 분석

MPEG-2비디오 스트림을 파일로 저장하여 이에 대한 MPEG-2디코더의 재생 수준에 대하여 성능을 평가하여 보았다. PC를 기반으로 하는 윈도우 프로세서를 장착한 PC에서 실험이 진행되었는데 펜티엄급(AMD 200Mhz)과 펜티엄II급(Celeron 466Mhz)의 분류에 의해 성능의 차이를 보았다. 실험은 디코더가 MPEG-2비디오 스트림을 처리하는 비율측정으로 진행되었다.

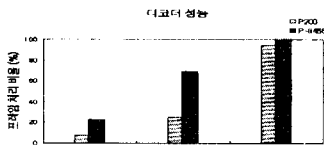


그림 3. 디코더 성능 비교

디코더에서 처리되는 프레임과 시간과의 관계를 측정하여 각 프로세서에서의 프레임 처리 비율을 산출하였다. 그림 3의 그래프는 가로축은 처리된 프레임 타임을 나타내고 세로축은 디코딩 프레임 비율을 나타낸다. 그림의 결과가 보여 주듯이 디코딩이 시스템 프로세서 성능에 의존하므로 프로세서의 성능이 상대적으로 낮은 시스템에서 전달되어진 전체 데이터를 디코딩하여 처리한다면 전체 시스템의 성능이 디코더에 의존하게 되는 결과를 유발한다. 이와 같은 경우 구현에서 고려되어진 퍼치 프레임의 선택적 디코딩을 통하여 시스템의 급격한 성능저하를 막을 수 있다.

4.3. 통합시스템 성능 분석

디코더의 성능에 시스템의 프레임 처리수준이 의존하므로 다소 낮은 프레임 비율을 보였다. KLIMEX와 vic의 통합에서 인코딩 모듈의 경우 인코딩 작업을 쓰레드와 시켜 부분적인 성능향상을 얻을 수 있었고 선택적 프레임 디코딩에 의해 시스템의 급격한 성능저하를 막을 수 있었다. 그림 4의 가로축은 인코딩 대역폭이고 세로축은 시스템의 초당 프레임 전송비율로서 전송측에서 MPEG-2비디오의 프레임 전송 성능을 보여준다. 시스템의 전송 프레임 비율에 따른 성능은 쓰레딩을 사용할 경우와 선택적 프레임 디코딩을 할 경우 성능 향상이 됨을 알 수 있다. 특히 무프백 디코딩을 사용하

지 않고 전송할 경우 쓰레딩을 이용한 경우 전체 시스템의 성능 향상 폭이 큰 것을 알 수 있다.

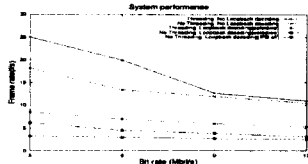


그림 4. 통합시스템 성능

5. 결론

본 논문에서는 화상회의의 시스템에서 사용되고 있는 멀티미디어 데이터 중 비디오 데이터의 수준 향상에 중점을 두고 기존의 화상회의 시스템을 기반으로 실시간 MPEG-2 비디오 데이터를 처리할 수 있는 핵심 모듈인 KLIMEX를 설계하고 구현하였다. 확장성과 상호 운용성 등을 고려하여 vic 화상회의의 시스템 기반으로 하여 KLIMEX를 통합하여 MPEG-2 비디오의 실시간 송수신 시스템의 프로토타입을 제시하였다. 현재 네트워크를 이용한 MPEG-2 전송 시스템은 VOD(video on demand)에서 일부 사용되어지고 있다. 실시간 생중계가 필요한 화상회의의 시스템이나 인터넷 방송 등에서 MPEG-2를 사용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. FEC나, 계층별 코딩 전송, 재전송 메커니즘, I프레임의 주기적인 보강 전송 등의 연구가 진행되어지고 있고 이러한 연구들은 MPEG-2레이터의 전송에 있어서 데이터의 손실 시 보상하는 기법이나 계층적 전송 등을 통한 단말에서의 적용 등에 중점을 두고 있다. 향후 작업으로 여가서 제시한 실시간 MPEG-2 처리 모듈과 통합 구현된 시스템의 프로토타입을 이용하여 이러한 연구의 접목을 통하여 성능의 향상을 꾀할 수 있으며 시스템에서 사용된 소프트웨어 디코더의 최적화와 하드웨어 디코딩의 사용을 통하여 성능의 향상이 요구되어진다.

6. 참고문헌

[ISO94] ISO/IEC 13818-2 MPEG-2, "Generic coding of moving pictures and associated audio," May 1994.

[Turletti94] T. Turletti, "The INRIA videoconferencing system (IVS)," *Comexions*, vol. 8, no. 10, pp. 2024, 1994.

[Frederick94] R. Frederick, "Experiences with real-time software video compression," in *Proc. 6th Int. Workshop Packet Video*, Portland, OR, Sept. 1994, pp.F1.1-1.4.

[McCanne95] S.McCanne and V.Jacobson, "Vic: a flexible framework for packet video," *ACM Multimedia*. Pp 511 -522. San Francisco, CA. Nov. 1995.

[Okubo97] Sakae Okubo, Stuart Dunstan, Geoff Morrison, Mike Nilsson, Hayder Radha, Dale L.Skran and Gary Thom, "ITU-T Standardization of Audiovisual Communication Systems in ATM and LAN Environments," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.15.No.6, August 1997.

[Basso97] A. Bassor, G. L. Cash and M. Reha Civanlar, "Transmission of MPEG-2 Streams over Non-Guaranteed Quality of Service Network s," *Proc. of Picture Coding Symposium*, (Berlin, Germany), Sept. 1997.

[Mannheim98] MPEG extension for vic, mannheim university. URL: <http://www.informatik.uni-mannheim.de/~cjk/ihl/rtp/>

[Lyonnet98] Frank Lyonnet, "An Application-Level CPU Schedule for Videoconferencing Systems," *Infocom2000*, 1998

[Ebrahimi98] Touradj Ebrahimi, "Visual Data Compression for Multimedia Application," *Proceedings of the IEEE*, Vol.86, No.6, June1998.

[RFC1889] H.Schulzrinne, S.Casner, R.Frederick, V. Jacobson, "Real-Time Transport Protocol," RFC1889.

[RFC2250] D. Hoffman, G. Fernando, V. Goyal, M. Civanlar, "RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video," RFC2250

[MSSG96] MPEG Software Simulation Group, URL: <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG/>