

# 초고속 네트워크 상에서의 스트림형 트래픽의 전송 품질 평가

이 양 민\* · 이 재 기\*\*

## 요 약

본 논문에서는 대표적인 스트림형 트래픽인 DV와 MPEG2를 초고속 네트워크 상에서 전송하고 이들 스트림에 대한 최종 사용자의 주관적 평가를 수행하였다. 두 가지 스트림형 데이터에 대해 화질 측정은 ITU-R BT.500-1을 기반으로 하여 측정하였고, 음질 측정은 ITU-R BS.1116-1을 기반으로 측정하였다. 또한 최종 사용자의 주관적 평가를 얻기 위한 실험 방법으로는 DSCQS 5단계 평가 방법을 채택하였다. 유사한 조건하에서 MPEG2 스트림의 경우, 네트워크 트래픽 파라미터가 급증하는 54%의 부하율에서 화질과 음질의 평가 등급이 급격히 하락한다. DV의 경우 화질은 MPEG2와 마찬가지로 54%의 부하율에서 평가 등급이 하락하지만 그 변화의 정도가 MPEG2에 비해 완만하며 점진적인 것을 확인할 수 있다. 반면 DV 음질의 경우는 부하율 70%까지 사용자의 주관적 평가 등급이 우수하여 사용자의 주관적 평가를 고려한 트래픽 제어 및 QoS 제어가 요구된다. 결론적으로 MPEG2의 경우는 네트워크 상의 실측값과 최종 사용자의 주관적 평가가 거의 동일하므로, 네트워크 실측값만으로 트래픽 제어가 가능하고, DV의 경우는 네트워크 상의 실측값과 최종 사용자의 주관적 평가 등급을 동시에 고려한 트래픽 제어가 가능하다.

## Evaluation of Transmission Quality for Stream-type traffics on Very High-speed Network

Yang Min Lee\* · Jae Kee Lee\*\*

### ABSTRACT

In this paper, we measured the transmission characteristics of a MPEG2 and a DV that are typical stream-type traffics on the very high speed network and carried out the subjective evaluation of end users for these stream-types. In the subjective evaluation of these stream-type data, video quality evaluation is based on ITU-R BT.500-1 and audio quality evaluation is based on ITU-R BS.1116-1. Also experiment method to acquire the subjective evaluation of end users is selected the 5 grades method of DSCQS. Under the same condition, in case of MPEG2, the evaluation grade of the video and the audio quality becomes deteriorated at the load rate of 54% that network traffic increases rapidly. In case of DV, the evaluation grade of video quality began decrease, but the degree of the change was slower than MPEG2 at the same load rate. Moreover the subjective evaluation grade of end users was superior to load rate 70% in case of DV audio quality, traffic and QoS control that consider the subjective evaluation of end user is required. Conclusively, in case of MPEG2, we can perform traffic control that only use the actual measurement values on the network. However in case of DV, we can perform traffic control that the actual measurement values on the network and the subjective evaluation of end users are considered at the same time.

키워드 : DV, MPEG2, 주관적 평가(Subjective Estimation), 화질(Video Quality), 음질(Audio Quality)

### 1. 서 론

최근 네트워크를 통한 스트림형 데이터의 전송이 급증하고 있다. 더불어 미래 네트워크 인프라의 중심이 될 초고속 네트워크 상에서 이러한 스트림형 데이터의 전송과 데이터들에 대한 전송 품질의 보증이 필요한 실정이다. 실제 서비스의 측면에서도 실시간 스트림형 멀티미디어 데이터의 교

환이 점차 증가하면서 요구가 많아지는 것으로 볼 때, 이들 데이터의 품질 평가에 대한 연구가 절실하다.

실시간 멀티미디어 스트림형 데이터의 고속 통신을 위해 보다 고속의 네트워크 환경이 요구되며 현재 미국의 Internet2, 캐나다의 CA\*net4, 일본의 JGN 등의 테스트베드들이 구축되어 운용되고 있다[1-6]. 본 논문은 이러한 초고속 네트워크 테스트베드 중의 하나인 JGN 상에서 대표적인 스트림형 데이터인 DV와 MPEG2의 트래픽을 전송하고, 전송된 데이터에 대한 품질 평가를 최종 사용자의 주관적 평가를 통해 측정하였다.

※ 이 논문은 2001학년도 동아대학교 정보통신(IT)사업에 의하여 연구되었음.

\* 준 의 원 : 동아대학교 대학원 컴퓨터공학과

\*\* 정 회 원 : 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

논문접수 : 2004년 2월 16일, 심사완료 : 2004년 9월 10일

초고속 네트워크를 통한 스트림형 데이터의 전송과 그에 관한 네트워크 파라미터를 측정하는 기존의 연구들은 많이 존재하지만, 전송되는 스트림형 데이터에 대해 품질 평가를 하여 이를 네트워크 트래픽 제어에 반영하려는 시도는 거의 없다. 기존의 트래픽 제어 방법은 전송되는 데이터들에 대해 Ping과 같은 네트워크 명령을 이용하여 드롭 되는 패킷수를 측정하여 패킷손실율, 전송지연 등을 분석한다. 또한 트래픽 제어에 네트워크 상태를 측정하는 톨을 이용하는 경우라도 패킷의 패킷손실율, 전송지연 등을 주요 인자값으로 측정하기 때문에 이런 방식으로 실험이 수행되는 경우에는 수치적인 측면에 초점을 맞추게 되는데 이런 유형의 연구에서 결정적인 단점은 수치적인 분석에 의존하게 된다는 점이다. 즉 미디어 스트림과 같은 데이터의 경우는 사용자 입장에서 충분히 화상 및 음성을 인지할 수 있는 경우에도 특정 임계값을 초과할 경우 네트워크 상태가 좋지 않은 것으로 판명되어 트래픽 제어를 수행하게 된다. 본 논문에서는 이러한 점을 극복하는 방법으로 트래픽 전송시에 발생하는 패킷손실율과 전송지연을 그대로 사용하기 보다는 전송되는 스트림형 트래픽에 부하를 단계별로 부여하고 스트림형 데이터에 대해서 사용자의 주관적인 평가를 도입하였다. 이를 통하여 네트워크 인자에 대해 측정되는 단순한 수치값에만 의존하는 기존 연구들의 문제점을 극복하고자 하였다. 또한 MPEG2와 DV를 비교하여 미디어 스트림의 종류에 따라서 네트워크 부하율에 따른 사용자의 주관적 평가가 달라질 수 있으며, 미디어 스트림의 종류에 따라 트래픽 제어 방법도 달라질 수 있음을 보이고자 한다.

이에 본 논문에서는 JGN 상에서 두 가지 스트림형 데이터를 전송하고[7,8], 전송 후의 데이터에 대한 최종 사용자의 주관적 평가를 실시하였다. 이러한 평가의 측정값에 대해 DV 데이터와 MPEG2 간 비교식을 도출함으로써 네트워크 트래픽 제어에 대한 의미 있는 값을 결정하였다.

주관적 평가에 사용되는 스트림은 DV와 MPEG2 모두 유사한 스트림으로 평가하고, 네트워크의 대역폭은 무부하(0Mbps)에서 90%(45Mbps)까지 10%(5Mbps)씩 증가시킨다. 화질 및 음질 성능 평가에는 ITU, CCIR, SMPTE 등에 의해 제안된 시험 방법, 절차, 환경 설정을 토대로 본 연구의 의도와 환경에 맞도록 적절한 변화를 가하여 실험을 수행하고 결과를 평가한다.

본 논문은 1장에서 서론을, 2장에서 관련 연구를 서술한다. 3장에서는 실측 시스템과 실험 환경에 관해 서술하고 측정 방법과 관련된 내용에 대해 서술하고, 4장에서는 데이터에 대한 사용자의 주관적 평가를 고찰한다. 5장에서는 이들에 대한 결론을 내리도록 구성되어 있다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 화질 및 음질의 주관적 평가에 관한 연구

디지털 형태로 처리되는 화질 및 음질의 평가에는 크게

두 가지의 평가 방법이 존재한다. 하나는 비디오나 오디오의 코딩 방식의 특성에 근거하여 원본 미디어 데이터와 전송 또는 압축된 데이터의 절대량 및 훼손 수준을 정량적으로 분석하는 객관적 방법이다. 이런 평가 방법을 적용한 연구의 사례로서 인간 시각의 특성을 고려한 블록 기반 DCT 영상 부호화기의 정량적 화질 평가가 존재한다[11]. 이 연구는 HVS에 기반의 정량적 화질평가 모델을 제시하고 이 모델을 통하여 부호화기의 정량적 성능 측정을 수행한 것으로 인간의 시각에서 인식하는 가시적 왜곡과 객관적 척도로 기존에 사용되던 PSNR은 상관관계가 낮은 측면이 있기 때문에 정량적 화질 평가를 위한 새로운 모델을 제시하고 있다. 다른 하나는 결국 미디어를 사용하는 것은 최종 사용자인 인간이므로 인간이 원본 미디어 데이터에 대비하여 압축되거나 전송된 미디어 데이터가 상대적으로 좋고 나쁨을 판단하도록 하여 그 결과를 통계적인 수법을 이용하여 분석하는 주관적인 방법이다.

정상 부하가 존재하는 상태에서의 비디오 시퀀스와 오디오 시퀀스의 품질은 네트워크의 상태와 여러 가지 영향을 줄 수 있는 인자에 의해 영향을 받는다. 또한 비디오 및 오디오의 종류에 따라 그 품질에 차이가 발생한다. 즉 비디오나 오디오를 코딩하는 형태에 따라서도 품질의 차이가 발생할 수 있다. 이러한 특성에 더하여 화질 및 음질의 평가는 실제 평가 시험에 사용된 시퀀스의 통계적 특성에도 의존한다. 그러므로 비디오나 오디오의 품질 평가를 객관적인 방법에 의해 수행하는 것은 대단히 어려우며 다양한 요구 사항을 만족시켜 주는 일반적인 객관적 평가 모델이 완전히 설정되지는 않았다. 그러므로 현재로서는 주관적 평가 방법이 가장 효과적인 방법으로 받아들여지고 있다[12, 13].

이와 같은 주관적인 평가를 이용하는 기존 연구들이 매우 다양하게 존재하며 그 이용 분야도 여러 가지가 있다. 위성 방송을 위한 디지털 TV의 화질 평가를 수행하는데 있어서 압축된 영상인 MPEG2에 대한 품질을 CCIR Rec 500-5를 이용하여 수행한 연구가 존재하며[14] 이 연구의 경우는 실험을 통하여 DTV 수준의 영상 품질을 유지하기 위해서, 즉 화질에 대한 평가치 4.0 이상을 획득하기 위해서는 평균적으로 7.5Mbps 정도의 비트율을 유지시켜야 함을 보이고 있다. MPEG4에 대한 주관적 평가[15]를 행한 연구도 존재한다. 이 연구의 경우는 여러 가지 네트워크 인자에 대해 실험을 수행하였으며, MPEG4에 대한 화질 평가의 경우에는 관중이 어떤 목적으로 시청을 하는가에 따라서 주관적 평가의 점수가 큰 차이를 나타낸다는 것을 실험을 통하여 입증하고 있다. 분야는 다르지만 비디오 시퀀스에 대해 움직임 정보를 이용한 화질의 주관적 평가를 시도한 연구도 있다[13]. 이 연구는 기존의 연구들이 미디어 스트림에 대한 프레임간의 정량적 비교를 수행함으로써 미디어 스트림에 대한 사용자의 주관적 평가가 제대로 연관되지 못하는 점에 착안하였

고 이를 극복하기 위해 영상 내 모션의 순열이 인간 인지에 미치는 영향을 분석하였다. 즉 움직임의 정보를 사용자의 주관적 평가에 반영할 수 있는 방법을 제시하고 이를 통하여 움직임을 반영한 주관적 평가가 SSCQE를 이용한 주관적 평가와 평균적으로 0.8 정도의 상관관계가 있음을 보이고 있다. 이와 같은 논문들의 공통점은 디지털 비디오 및 오디오 정보에 대해 주관적인 평가를 함으로써 최종 사용자인 인간이 느끼는 특성을 파악하고 이로서 각 미디어의 처리에 적합한 파라미터를 도출하고자 한다는 점이다.

그러나 초고속 네트워크 상에서 고품질의 멀티미디어 데이터를 전송하는 경우, DV나 MPEG2에 대한 최종 사용자의 화질 및 음질에 대한 평가와 네트워크 부하율을 동시에 고려하여 이를 트래픽 제어에 활용하고자 하는 연구는 아직 이루어지지 않고 있다.

### 2.2 화질과 음질 평가의 해석 방법

주관적인 평가의 결과를 해석하기 위해서는 수학과 통계학에 근거한 특정한 방법이 요구된다. 이러한 통계적 방법으로는 크게 1차원 척도법과 다변량 해석법으로 나눌 수 있다. 1차원 척도법에는 평정 척도법, 계열 범주법 등이 있으며, 다변량 해석법에는 인자 분석법, 다차원 척도 분석법 등이 있다. 평정 척도법은 일정한 단계를 사전에 마련해두고 평정하고자 하는 대상을 그 단계에 맞추어 분류해 가는 방법으로 본 실험에서 수행하고자 하는 화질 및 음질의 단계적인 평가라는 의도에 가장 부합된다. 따라서 본 논문에서는 여러 가지 통계 분석 방법 가운데 평정 척도법을 적용하며, 이러한 평정 척도법 중에 각 척도에 대한 점수를 이용하는 점수 평정 척도법을 이용한다. 또한 현재 널리 사용되고 있는 ITU-R BT.500-10 “TV 화상의 주관적 측정에 관한 방법” 권고안에 준한 평가 방법을 따르되 테스트 시퀀스의 표현 방법에 필요한 수정을 가한 수정된 DSCQS(The Double Stimulus Continuous Quality Scale) 방법에 따른 주관적 화질 평가 방법을 채택하였다.

### 2.3 주관적 측정 방법

본 논문에서 주관적 측정 방법의 근간으로 사용한 DSCQS법은 DSIS(The Double Stimulus Impairment Scale)법과 더불어 방송 방식의 기술 기준 책정을 위한 테스트 등에 적용되어 가장 널리 사용되는 대표적인 주관적 측정 방법이다.

DSIS법은 잡음이나 파형 왜곡 등의 화질 저하를 일으키는 방해 요인의 정도와 화질의 관계를 조사하는 경우에 적합하며 평가 화상의 화질을 기준 화상과 비교하여 5단계 척도로서 평가한다(그림 1).

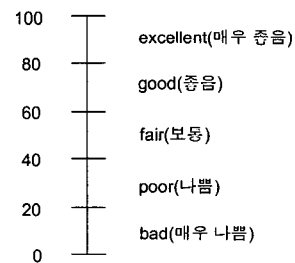
본 논문에서 사용한 수정된 DSCQS법의 경우는 DSIS법의 경우와 같이 화질 저하 요인을 단독으로 변화시킬 수 없는 경우나 많은 화질 저하 요인을 포함하는 경우의 화질을

측정하는데 적합하다.

DSCQS법은 기준 화상과 비교 화상이 존재하는 이중 자극형으로서 기준 화상에 의한 교정 효과를 얻어 원본 대비 전송 미디어 데이터의 절대적인 안정된 평점을 획득할 수 있다. 원래 DSCQS가 10초 정도의 짧은 시간 동안 영상에 대하여 하나의 평점을 구하는 방법이기 때문에 시간적으로 변화되는 화질의 평가에 완전하게 부합되지는 않는다. 따라서 본 논문에서는 디지털 압축 화상의 평가를 목적으로 하는 SDSCE(Simultaneous Double Stimulus continuous Evaluation)법을 함께 적용한다. 이 SDSCE법은 SSCQE(Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)이라는 단일 자극형 디지털 압축 화상 평가를 이중 자극형으로 확장한 것으로 최장 수신포분에 걸쳐서 시간적으로 연속적인 평가가 가능하다. 이 방법은 하나의 디스플레이에서 화면을 분할하거나 2개의 디스플레이를 나열하여 기준 화상과 평가 화상을 동시에 제시하고 화질 차이를 연속적으로 평가한다. MPEG4의 검증 테스트에서 에러에 대한 평가에 사용된 이래, ITU에서도 제안 되었다. 이와 같은 기존의 이론적으로 검증된 방식을 채택하고 아래의 ITU 권고안을 실험의 기초로 하였다.

화질의 평가 방법인 ITU-R 권고 BT.500-10 “TV 화상의 주관적 측정에 관한 방법”[16]은 주관적 평가의 목적에 따른 다양한 평가 방법을 규정함과 동시에 관찰 조건 및 평가 결과의 분석법 등도 포함한 일반적인 사항을 규정하고 있다. 화질의 평가 방법은 이 권고 사항을 바탕으로 하며 음질 평가는 ITU-R 권고 BS.1116-1 “다중 채널 시스템을 포함한 오디오 시스템의 작은 손상에 관한 주관적 평가 방법”[12]을 바탕으로 하여 측정한다. 그의 음질과 화질의 평가에 관련된 ITU-R 권고를 참조한다.

화질 및 음질의 평가법은 수정된 DSCQS법을 사용하여(그림 1)에 나타난 5단계 DSCQS법의 연속 스케일로 평가한다.



(그림 1) DSCQS법의 연속 스케일

## 3. 실측 시스템과 실험 환경

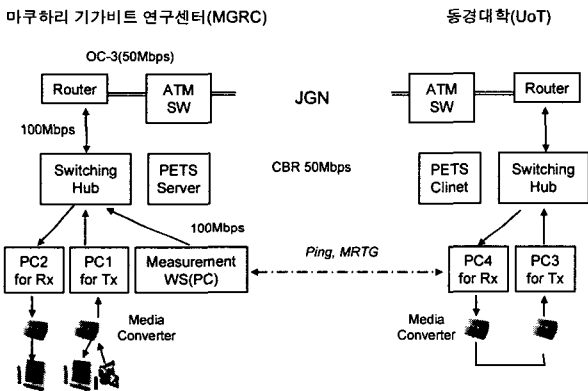
### 3.1 실측 시스템의 환경

(그림 2)는 JGN에 접속된 액세스 포인트 중의 하나인 마쿠하리(幕張) 기가비트 연구센터(이하 MGRC(Makuhari Gigabit

Research Center)로 약함)와 동경대학(이하 UoT(University of Tokyo)로 약함)간에 설치된 DV와 MPEG2 트래픽 실측 시스템의 구성도이다. 실험 네트워크인 JGN은 MGRC와 UoT간을 ATM CBR(Constant Bit Rate) 50Mbps로 연결되어 있다. 여기서 CBR로 측정된 것은 지연과 지터 및 패킷 손실에 대해 엄격한 요구를 하는 실시간 애플리케이션에 적합하기 때문이다[17].

DV 트래픽의 실측에 있어 DV 카메라와 DV용 PC간에는 IEEE 1394로, DV용 PC와 스위칭 허브간 그리고 스위칭 허브와 라우터간은 Fast Ethernet으로, 라우터와 ATM 스위치간은 OC-3로 접속되어 있다. 또 MPEG2 트래픽의 실측에 있어 DV용 카메라와 MPEG2 엔코더/디코더 보드간은 DV에 사용하는 미디어 변환기를 사용하지 않고 직접 비디오와 오디오 케이블에 접속한다.

DV와 MPEG2 스트림 모두 정상 부하에 따른 트래픽의 영향을 조사하기 위해 의사 트래픽 발생장치(PentiumII, Windows NT 4.0)인 PETS(Performance Test System with traffic generator) 서버와 클라이언트를 사용한다. 이 경우 정상 부하의 패킷 크기별로 부하율은 0%(무부하)에서 90%(45Mbps)까지 변경시켜 인가하며 측정한다.

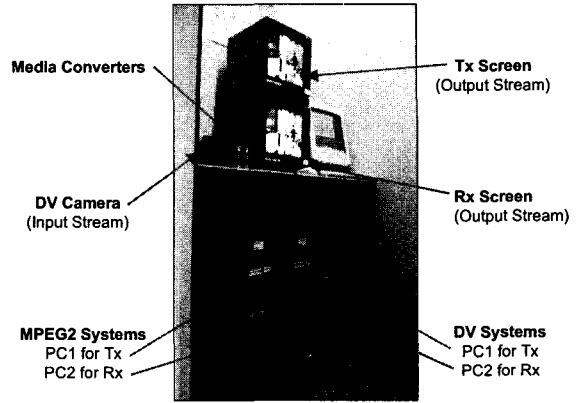


(그림 2) 실측 시스템의 구성

더욱이 DV 실측 시스템(PentiumII, FreeBSD 3.1) 및 MPEG2 실측 시스템(PentiumII, Windows NT 4.0)은 MGRC와 UoT에 각각 송신용 PC와 수신용 PC를 준비하고, MGRC의 송신용 PC(PC1 for Tx)를 통하여 IEEE 1394로 연결되어 있는 DV용 카메라에서 영상(비디오 + 오디오)을 UoT의 수신용 PC(PC4 for Rx)에 보낸다.

또 MGRC의 실측측으로부터의 전송 확인을 위해 UoT의 수신용 PC에 도착한 DV와 MPEG2 스트림은 송신용 PC(PC3 for Tx)를 경유하여 MGRC의 수신용 PC(PC2 for Rx)에 되돌아오게 한다. 이때 실제 트래픽 파라미터 측정은 MGRC에 있는 측정용 시스템(Sun Ultra5, Sun OS 5.6)상에서 UoT에 있는 수신용 PC(PC4 for Rx)에 대하여 수행한다. 아래 (그

림 3)은 MGRC에서의 DV와 MPEG2 트래픽의 실측 시스템 환경을 나타낸 것이다.



(그림 3) DV와 MPEG2 시스템의 실측 환경

3.2 사용자의 주관적 평가에 대한 실험 환경 및 조건

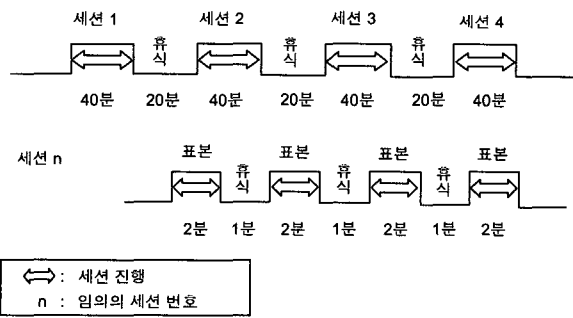
화질 측정을 위한 실험 환경과 음질 측정을 위한 실험 환경의 세부적인 사항에 대하여 구축한 일반적인 실험 환경은 앞서 언급한 ITU-R BT.500-10, BS.1116-1을 따른다[12, 16].

본 실험에 참가하는 측정인의 적절한 규모는 분산 값이 측정될 수 있고 실험에 요구되는 해상도를 알 수 있다면 예측이 가능하다. 실험의 조건이 기술적으로나 행동적으로 엄격하게 제어될 수 있는 환경이라면 20명 정도의 측정인이면 적절한 실험 결과를 얻을 수 있다. 그러나 실험의 진행 중 통계적 분석이 병행된다면 통계학적으로 적절한 결과를 얻을 만큼의 수준이 된다면 더 이상의 측정인을 추가할 필요는 없다. 그래서 본 실험에서는 화질과 음질 평가에 20명의 다양한 전공을 가진 대학생을 측정인으로 활용하였다.

실험에 사용된 미디어 스트림의 대역폭은 2가지이다. MPEG2의 경우 최대 대역폭인 15.8Mbps를 적용하였고 DV의 경우는 최대 32.2Mbps의 대역폭으로 전송이 가능하나, 비교를 위해 MPEG2의 대역폭과 유사하도록 프레임 드롭율을 1/2로 하여 약 16.8Mbps의 대역폭을 적용하였다.

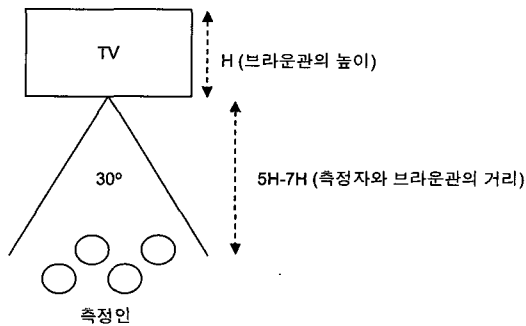
본 논문의 실험에 사용된 미디어는 총 4개의 세션으로 구성되며 각각 MPEG2 화질, MPEG2 음질, DV 화질, DV 음질이다. 각 세션은 5Mbps(10%)에서부터 45Mbps(90%)까지 네트워크 부하율에 따라 10개의 세션으로 구성한다. 즉 세션 1은 10% 부하율의 5Mbps, 세션 2는 20% 부하율의 10Mbps와 같이 시행한다. 각각의 세션은 임의의 순서로 진행되어 측정인이 그 순서를 예측할 수 없도록 하였다.

각 세션은 40분 간 진행되고 각 세션 간에는 20분의 휴식 시간을 두어 측정인의 피로도에 의한 측정의 정확도 하락을 예방한다. 각 표본은 부하율 0의 훼손이 없는 미디어 원본으로서 2분간 측정되며 표본 사이의 1분 동안 측정인은 화질 및 음질에 대한 등급을 평가하게 된다((그림 4)).



(그림 4) 세션의 구성

화질 평가 방법은 다음과 같다. 각각의 세션은 동일한 내용의 스트림형 데이터로 구성되고 주어진 참조 영상 및 음성과 비교하여 DSCQS법의 5단계 주관적 평가를 내리도록 한다.



(그림 5) 배치도

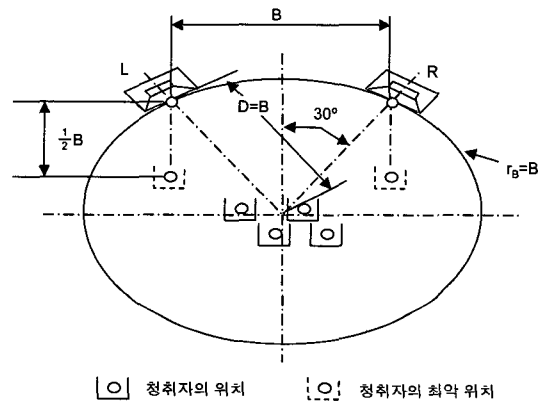
실험실의 구성은 (그림 5)의 배치도에 나타난 바와 같이 브라운관의 높이를 H라고 할 때 5H~7H 사이에 배치하도록 하고, 측정인이 브라운관에서 30° 이내에 위치하도록 한다.

음질에 대한 평가는 작은 손상을 정확하게 감지할 수 있고 안정적인 방법으로 알려진 Double-blind Triple Stimulus with Hidden Reference 방법을 사용 한다. 이 방법에서 가장 선호되고 가장 민감한 방법은 한 번에 한 명의 청취자가 세 개의 Stimulus(A, B, C)중 하나를 선택하도록 하는 것이다. A는 이미 알려진 참조(Reference) 음질이고 Hidden Reference와 Object는 B와 C에 각각 임의로 할당된다. 청취자는 B를 A와 비교하고, C를 A와 비교하여 (그림 1)의 연속된 5단계 연속 스케일 방식에 따라 측정 등급이 내려진다.

(그림 6)은 음질 평가를 위한 스테레오 사운드 시스템의 구성을 나타낸 것으로 폭(B)은 2~3m, 청취자와 스피커 사이의 제한 거리(D)는 1.7B~2B, 청취 위치는 스피커와 청취자 사이의 각이 30°가 되도록 한다.

앞에서 언급했던 주관적 측정 방법에 반해 영상이나 음성의 품질을 객관적으로 측정 및 감시하려고 하는 요구가 증대되고 있다. 아날로그 시스템인 경우, 화질 저하가 미미하

지만 발생 빈도가 높고, 많은 경우 몇 가지 테스트 화상을 사용한 평균 화질로 전체를 대표하게 할 수 있다. 한편, 디지털 압축 시스템에서는 화질이 화상 내용에 크게 의존하기 때문에 평균 화질만으로는 판단할 수 없고, 화질 저하의 발생 빈도나 최악 화질도 고려할 필요가 있다. 시간적으로 연속한 주관적 평가는 이와 같은 성질이 고려된 것이지만, 장시간 측정이나 온라인 측정은 곤란하다. 그래서 ITU에서는 화질의 객관적 평가법의 표준화가 검토되고 있고, ITU-R,T를 모체로 하는 VQEG(Video Quality Expert Group)가 ITU 권고 작성을 위해 활동 중에 있다[9]. VQEG에서의 객관적 평가법 제안 모집에 대하여 10가지 방식이 제안되어 제안 방식의 성능 평가가 행해졌으나[10] 해석 결과에 의해 현 단계에서는 특정 방식을 권고할 수 있는 상황이 아니라고 판단되어 본 논문에서는 객관적 방법을 배제하고 주관적 방법을 고려하여 측정하였다.



(그림 6) 음질 측정을 위한 시스템 구성

#### 4. 트래픽 측정 결과 및 사용자의 주관적 평가에 대한 고찰

##### 4.1 DV와 MPEG2 스트림의 트래픽 특성

지금까지 초고속 네트워크 상에서 DV와 MPEG2 스트림을 전송하면서 정상 부하를 인가해 실측으로 트래픽 특성을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다[7].

첫째, DV 스트림인 경우 부하율이 네트워크 대역폭의 약 54% 이상, MPEG2인 경우 부하율이 네트워크 대역폭의 약 58% 이상이 되면 패킷 손실이 다량 발생하여 스트림 전송이 불가능하게 된다. 그 차이는 압축 방식에 기인하며, 정상 부하의 패킷 크기와는 무관하다.

둘째, 초고속 네트워크 상에서 DV와 MPEG2 스트림의 경우, 네트워크 대역폭의 약 94.5%에서 약 95.8%까지는 영상 전송이 원활하므로, QoS 제어에 이 값을 활용하면 고품질의 실시간 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

셋째, DV와 MPEG2 스트림 전송에서 RTT 지연은 정상

부하의 패킷 크기에 무관하게 거의 일정하지만, MPEG2 스트림인 경우가 RTT 지연이 더 크다. 그 이유는 MPEG2 스트림의 프레임 변동이 크기 때문이다. 또한 스트림의 소요 대역폭과 정상 부하가 네트워크 대역폭을 초과하는 경우 RTT 지연이 급증한다.

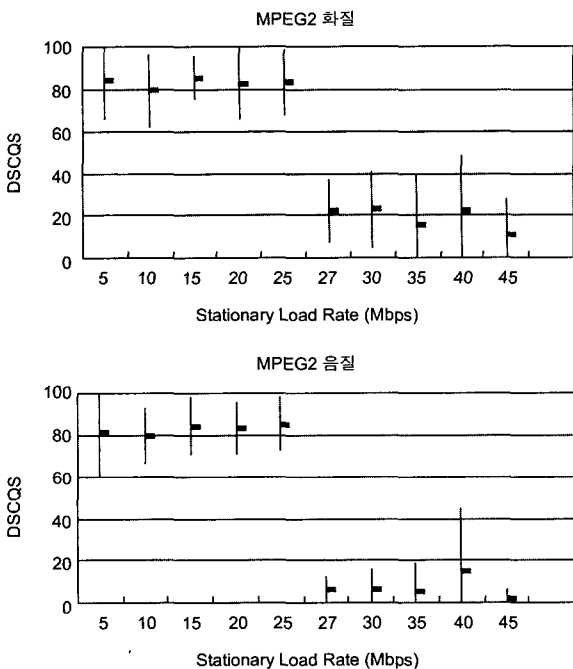
넷째, 네트워크 대역폭이 특정 스트림의 소요 대역폭과 부하율을 감당하지 못하는 경우는 그 스트림의 프레임 드롭율을 조정하여 전송하면 품질이 보장된 스트림 전송이 가능하다.

다섯째, DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실이나 RTT 지연은 최종 사용자 시스템의 프레임 버퍼 수와 프레임의 크기에 영향을 받지 않는다.

4.2 사용자의 주관적 평가에 대한 분석

3장에서 간략히 설명한 실험 방법에 따라 초고속 네트워크 상의 전송 품질에 관한 최종 사용자의 주관적 평가를 시행한 결과 얻어진 데이터는 다음과 같다.

각 Trial에 대한 평균값  $\bar{u}_j$ 를 구한다. 이 때의 값은 통계학적인 원리에 의거하여 신뢰 구간 95%를 만족하도록 유지한다. 만족되지 않는 평균값은 신뢰할 수 없는 값이므로 다시 측정한다. 평균값과 95%의 신뢰 구간은 반드시 주어져야 한다. 이를 통하여 측정치는 다음의 (그림 7)과 (그림 8)의 결과를 얻을 수 있다.



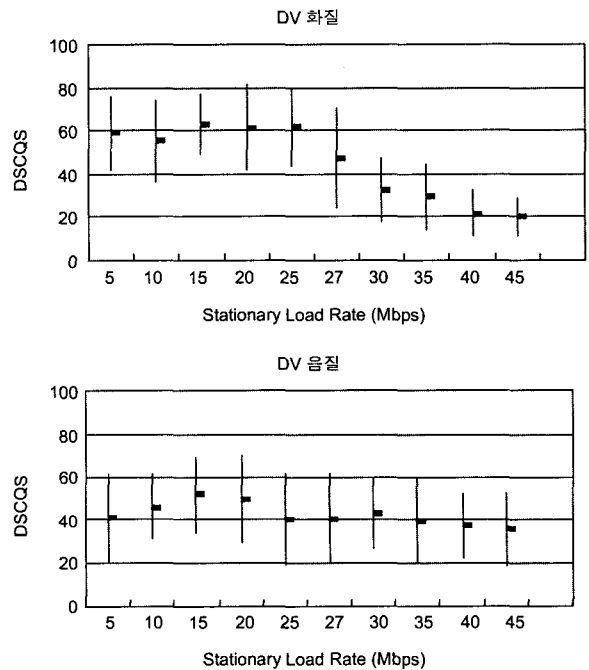
(그림 7) MPEG2 화질 및 음질 측정 결과

(그림 7)과 (그림 8)은 MPEG2 화질 및 음질과 DV의 화질 및 음질에 대한 사용자 주관적 평가 점수의 분포 결과를 나타낸 그래프이다. 가로 점으로 나타난 것은 중간값이며

막대 그래프 형태로 나타나 있는 것이 각 세션에 대한 점수의 분포를 나타낸다. 주관적 평가를 적용하였기 때문에 이러한 점수 분포에 대한 통계적 평균을 이용하여 분석한다.

MPEG2의 화질 및 음질의 경우 네트워크 부하율 27Mbps (54%) 경우부터 최종 사용자들의 평가 등급이 급속히 떨어지는 것을 알 수 있다. MPEG2는 프레임간(Interframe) 압축을 수행하는 스트림이므로, I 프레임이 정확하게 수신되지 못할 경우, 관련 P 프레임과 B 프레임도 손상되므로 화면이 일시 정지되는 현상을 보인다. 이로 인해 27Mbps(54%) 이상의 네트워크 부하가 발생할 경우 사용자의 평가 값이 급격히 떨어진 것으로 보인다.

DV 화질의 경우 네트워크 부하율 약 27Mbps(54%)까지는 fair(보통) 수준이었으나, 30Mbps(60%)부터 평가 등급이 조금씩 감소하기 시작하였다.



(그림 8) DV 화질 및 음질 측정 결과

MPEG2 화질에 비해 그 변화 정도가 완만한 것은 DV는 프레임의 내부(Intraframe)에서 압축을 수행하는 스트림으로 트래픽 파라미터(전송 지연, 패킷 손실)에 의해 프레임이 손상될 경우, 해당 프레임에만 영향을 미치게 되어 화면에 모자이크형의 잡음이 부하율에 비례하여 많이 나타나게 된다. 그래서 MPEG2 화상처럼 화면이 일시 정지하는 현상은 일어나지 않는다. 이러한 이유로 최종 사용자의 평가 등급이 완만히 변화하는 것으로 판단된다. DV 음질의 경우 사용자의 평가 등급이 네트워크의 부하율과는 크게 상관이 없다고 할 만큼 그 값들이 대부분 "fair(보통)" 등급에 속하는 값들이었다.

<표 1> MPEG2와 DV의 사용자 주관적 평가간 관계식

파라미터	수 식					
	$L_{\Delta} < 27\text{Mbyte}$		비 교	$L_{\Delta} \geq 27\text{Mbyte}$		비 교
전송 미디어	MPEG2	DV	(배)	MPEG2	DV	(배)
화 질	$0.9 \leq \frac{E_{MV_{L_{\Delta},t}}}{E_{MV_L}} \leq 1.2$	$0.9 \leq \frac{E_{DV_{L_{\Delta},t}}}{E_{DV_L}} \leq 1.05$	1~1.14	$0.13 \leq \frac{E_{MV_{L_{\Delta},t}}}{E_{MV_L}} \leq 0.27$	$0.32 \leq \frac{E_{DV_{L_{\Delta},t}}}{E_{DV_L}} \leq 0.77$	1.18~5.9
음 질	$0.9 \leq \frac{E_{MA_{L_{\Delta},t}}}{E_{MA_L}} \leq 1.0$	$0.9 \leq \frac{E_{DA_{L_{\Delta},t}}}{E_{DA_L}} \leq 1.3$	1~1.3	$0.02 \leq \frac{E_{MA_{L_{\Delta},t}}}{E_{MA_L}} \leq 0.07$	$0.9 \leq \frac{E_{DA_{L_{\Delta},t}}}{E_{DA_L}} \leq 1.01$	12.8~50
특성 고찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>임계값을 넘지 않는 경우에는 MPEG2와 DV 모두 1 근방의 값을 가져 원본 미디어와 비교하였을 경우 큰 차이를 느낄 수 없음.</li> <li>화질과 음질 모두에서 유사하게 발생함.</li> <li>임계값을 넘지 않는 경우에는 미세하게 MPEG2에 대한 평가가 우수함.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>임계값을 넘어서는 경우 DV에 대한 주관적 평가 점수가 화질은 1.18~5.9배 우수하며 음질의 경우는 12.8~50배 우수함.</li> <li>특히 DV 음질의 경우는 임계값을 넘지 않는 경우와 평가가 유사하여 네트워크 부하가 큰 상황에서도 여전히 정확하게 전달되는 경향을 보임.</li> </ul>		

단,  $L_{\Delta}$  : 트래픽 부하 증분,  $L_0$  : 부하 0,  $L_s$  : # 부하,  $R_{tt}$ (Round trip time),  $D_r$ (Drop rate),  $E_M$  : MPEG2에 대한 평가,  $E_D$  : DV에 대한 평가

앞서의 결과를 산술식을 통하여 <표 1>에 나타내었다. 표에는 DV와 MPEG2의 결과를 비교하여 나타내었다. 이 표에는 임계값(27Mbps, 부하율 54%)에 따라 두 가지 스트림형 데이터들이 가질 수 있는 값의 범위를 산술식으로 표현한 것이다. <표 1>로부터 확인된 결과는 다음과 같다.

첫째 MPEG2의 화질과 음질에 대한 사용자 주관적 평가는 DV의 화질과 음질에 대한 사용자의 주관적 평가 보다 점수의 변동폭이 매우 급격함을 알 수 있다. 주관적 평가 점수의 기준을 원본(100)으로 보았을 경우 MPEG2의 경우 임계값을 지나는 지점에서 4배 이상의 하락이 발생하며 이는 1.3배 하락하는 DV에 비해 3배 이상의 하락을 가져온다는 사실이다.

둘째 MPEG2의 경우는 사용자의 주관적 평가 등급이 화질과 음질 모두 임계값을 기점으로 해서 나쁜의 등급을 받는 것을 알 수 있다. 표의 왼쪽에 있는 값들은 1을 중심으로 해서 크게 변하지 않으나 오른쪽, 즉 임계값을 넘어서는 경우에는 화질은 100을 기준으로 했을 때 13~27점 정도의 평가를 받았고, 음질은 더욱 나빠 2~7점의 평가를 받는 것을 알 수 있다.

셋째 DV의 경우는 화질은 역시 100을 기준으로 하여 약 32에서 77점 정도의 평가를 받는 것을 확인할 수 있다. 앞서 언급한 것처럼 압축 방식의 차이에서 기인하는 것으로 MPEG2의 화질에 비해 최소 1.18배, 최대 5.9배 정도의 평가 등급을 가진다. 즉 MPEG2가 패킷 손실 또는 지연으로 인해 I 프레임이 수신되지 못할 경우 재생 자체가 불가능한 특징에서 이러한 결과가 발생하는 것이다.

마지막으로 DV의 음질의 네트워크 파라미터에 대한 독립성이다. 다른 평가 등급과는 달리 DV의 음질은 1을 기준으로 큰 변동의 폭을 가지지 않는다. 즉 임계값 이하이거나 이상일 경우에 상관없이 사용자의 주관적 평가가 크게 바뀌지 않은 것을 확인할 수 있다. 결론적으로 DV의 음질에 있어서는 네트워크 상에서의 실측 파라미터에 영향을 거의 받지

않는 것으로 볼 수 있다.

결론적으로 스트림형 데이터는 네트워크를 통해 전송되면서 훼손, 변경 등이 발생한 미디어 스트림에 대해 사용자에게 대한 주관적 평가를 고려한 트래픽 제어가 가능함을 확인하였다. MPEG2의 경우에는 사용자의 주관적 평가와 임계값의 일치로 볼 때, 사용자의 주관적 평가를 크게 고려하지 않아도 트래픽 제어를 수행할 수 있다. DV의 경우에는 네트워크 환경, 전송되는 미디어의 특징, 대역폭 등의 부족할 경우 사용자의 주관적 평가를 충분히 고려한 트래픽 전송 및 QoS 제어가 가능하다는 것을 확인하였다.

### 5. 결 론

일본의 초고속 네트워크 연구개발용 테스트베드인 JGN 상에서 정상 부하(512B)의 패킷 크기와 부하율을 변경하면서 MPEG2 데이터 스트림과 DV 데이터 스트림을 전송하여 실측한 결과에 대해 최종 사용자의 주관적 품질 평가를 수행하였다. MPEG2 스트림은 약 27Mbps(부하율 54%)부터 패킷 손실과 전송 지연이 급격히 증가하는 현상을 보였다[7, 8]. 최종 사용자의 주관적 평가 역시 부하율 약 54%인 이 시점에서부터 화질과 음질 양쪽 모두에서 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다.

DV 스트림에 대한 화질 평가의 경우 전송 지연이 급증하는 시점에서 단계적인 사용자의 평가 등급 하락이 관측되었다. 또한 부하율 54%에서 70%까지는 사용자의 주관적 평가를 고려한 트래픽 제어가 가능하다는 점도 확인하였다. 그러나 DV 음질 평가의 경우는 이런 트래픽 파라미터와는 상관없이 전체적으로 사용자의 평가는 음질이 양호한 것으로 나타났다. 이상의 결과에 의하면 MPEG2 화질 및 음질, DV 화질의 경우는 전송 지연이 급증하지 않는 범위에서 트래픽 제어를 수행하여야 한다. 이는 곧 네트워크 수준에서의 제어를 통해서 최종 사용자가 이용할 미디어의 품질을 조정할

수 있다는 것을 의미한다.

DV 음질의 경우에는 네트워크 수준에서 트래픽을 제어할 필요가 있을 뿐 아니라, 최종 사용자의 주관적 판단에 의한 허용 범위를 고려하여 트래픽 제어를 수행할 필요가 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] NGI, Next Generation Internet Initiative, NGI Concept Paper, July, 1997.
- [2] Internet2, <http://apps.internet2.edu/>.
- [3] Startup, <http://www.startup.net/APPLICATIONS/>.
- [4] Canet\*4, <http://www.canarie.ca/funding/index.html>.
- [5] Surfnet, <http://www.surfnet.nl/en/surfnet-innovation/>.
- [6] JGN, <http://www.jgn.tao.go.jp/english/about.html>.
- [7] 이재기, 사이트 타다오, "IP over ATM상에서 DV와 MPEG2 스트림의 트래픽 특성 고찰", 정보처리학회논문지C, 제10-C권 제7호, pp.937-942, Dec., 2003.
- [8] 이재기 외, "JGN Traffics Measurement through Image Transmission", 信學技報, SSE 2000-222, OCS2000-103, pp.73-78, 2001.
- [9] VQEG Org, <http://www.vqeg.org/>.
- [10] 니시다(西田), "객관적 화질 평가법의 표준화 동향", 영상정보미디어학회지, 제53권 제9호, pp.1206-1208, 1999.
- [11] 정태윤, "인간 시각 특성을 이용한 블록기반 DCT 영상 부호화기의 정량적 화질 평가", 한국퍼지 및 지능시스템, Vol. 12, No.5, pp.424-431, 2002.
- [12] ITU-R BS.1116-1, "Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multi-channel sound system."
- [13] Caramma, M., Lancini, R., "Subjective quality evaluation of video sequences by using motion information," Image Processing, ICIP '99, Proceedings, Vol.2, pp.313-316, Oct., 1999.
- [14] 박대철, "직접 위성 방송을 위한 디지털 TV의 화질 평가", 한국통신학회논문지, 제21권 제6호, pp.1370-1378, June, 1996.
- [15] Fernando Pereira, "MPEG-4 Video Subjective Test Procedures and Results," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.7, No.1, pp.32-51, Feb., 1997.
- [16] ITU-R BT.500-10, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures."
- [17] TransPAC, <http://www.transpac.org/>.
- [18] TAO, 放送・通信機構 2002, TAO, 2002.
- [19] 小峰 隆宏 外, ATM 通信網におけるDV畫像通信の検討, 信學技報, CS99-145, CQ99-68, pp.13-17, Feb., 2000.
- [20] 栗林 孝行 外, ギガビットネットワークを用いた遠隔ストレージ間編集用映像發信實驗, 信學技報, CS 99-145, CQ99-68, pp.31-36, Feb., 2000.
- [21] 大盛 雄司, ATM網 ABRサービス ER 制御によるMPEG2 畫像轉送實驗, 信學技報, SSE99-210, IN 99-173, pp.183-188, March, 2000.
- [22] Akihiko Machizawa, et al., "On the Delay and Quality of DV Transmission System using ATM Networks", Proceedings of the 15th ICIN, IEEE, pp.709-713, Feb., 2001.
- [23] ITU-T Draft Rec. H.262, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11/602, Seoul, Nov., 1993.
- [24] Akimichi Ogawa, et al., "Design and Implementation of DV Stream over Internet," IWS 99, IEEE, pp.255-260, Feb., 1999.
- [25] Mehaoua A., Boutaba R., "The Impact of Errors and Delays on the Performance of MPEG2 Video Communications," Intl. Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE, pp.2195-2198, March, 1999.
- [26] Akimichi Ogawa, et al., Design and Implementation of DV based Video over RTP, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/software/index.html>.
- [27] Canopus, MVR-D2000/MPL-D2000 Development Kit Programming Manual Version 3.10J, Canopus, 2000.
- [28] 青山 友紀, "ネットワークの進化とIP技術," 電子通信學會誌, Vol.83, No.4, pp.248-256, April, 2000.
- [29] Junji Kunmada 외, "화상 평가와 관련한 국제 표준화 동향", 일본영상정보미디어학회지, 제54권 제7호, 2000.



### 이 양 민

e-mail : manson@donga.ac.kr

2000년 동아대학교 컴퓨터공학과(공학사)

2002년 동아대학교 대학원 컴퓨터공학과  
(공학석사)

2004년~현재 동아대학교 대학원 컴퓨터  
공학과(박사과정)

관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, Ad-hoc 네트워크 등



### 이 재 기

e-mail : jklee@daunet.donga.ac.kr

1984년~1990년 한국전자통신연구소 연구원

1990년~현재 동아대학교 전기전자컴퓨터  
공학부 컴퓨터공학전공 교수

관심분야 : 차세대 네트워크, 유비쿼터스  
컴퓨팅, 분산시스템 등