

신호의 통계적 특성을 이용한 멀티미디어 데이터의 전송 품질 측정 기법

조재원* · 유국열** · 정호열***

1. 서 론

최근 정보 기술 및 네트워크 기술(Information and Network Technology)의 눈부신 발전으로 말미암아 네트워크 종단 사용자(End-user)들의 고품질 멀티미디어 데이터 전송에 대한 요구도 날로 증대되고 있다. MPEG(Motion Picture Experts Group) 및 JPEG(Joint Photographic Experts Group)/JPEG2000과 같은 멀티미디어 압축 기술의 개발과 QoS(Quality of Service)가 보장된 네트워크 구축을 위한 학계 및 업계의 활발한 노력은 이러한 요구를 충족하기 위한 견실한 토대를 마련하고 있다. 이와 더불어 전송된 멀티미디어의 품질에 따른 과금 체계를 갖춘 멀티미디어 서비스가 새로운 비즈니스 모델로 급부상하고 있으며, 이를 위한 기술적 솔루션이 화제가 되고 있다. 그 핵심 기술 중 하나가 전송된 멀티미디어 데이터의

품질 측정 기법이며, 최근 들어 다양한 멀티미디어 데이터에 대한 품질 측정 기법 연구가 활발히 진행되고 있다[1-6].

먼저, L. Cai[1]와 D. Zheng[2]은 오디오(Audio) 데이터와 2차원 정지 영상(2-D Still image) 데이터의 전송 품질 측정을 위해 연성 워터마킹(Fragile Watermarking)을 이용한 방법을 제시하였다. 제안된 방법들은 각각 전송 단(Transmitter)에서 이산 여현 변환(Discrete Cosine Transform, DCT) 혹은 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform, DWT)으로부터 얻어진 주파수 영역(Frequency Domain)에서 워터마크(Watermark)를 삽입하고, 품질 측정이 이루어지는 수신 단(Receiver)에서 워터마크의 검출율(Detection Rate)에 따라 전송된 멀티미디어 데이터의 품질을 예측하는 방법이다. 전송 중에 발생하는 오류에 따라 워터마크의 소실 정도가 결정된다고는 하나, 워터마킹을 이용한 방법은 근본적으로 멀티미디어 데이터의 품질을 결정하는 신호의 고유한 특성과 관련된 워터마크 삽입 영역을 결정하기가 굉장히 어려울 뿐만 아니라 압축과 같이 네트워크를 통한 멀티미디어 데이터 전송 시 필수적으로 사용해야 하는 의도적인 처리에도 완전히 무산될 소지가 있기 때문에 효과적으로 전송된 멀티미디어 데이터의 품질 측정을 위한 효율적인 방법으로

* 교신저자(Corresponding Author) : 정호열, 경북 경산시 대동 영남대학교 소재관 207호(712-749), 053)810-3545, FAX : 053) 810-4742, E-mail : hoyoul@yu.ac.kr

**영남대학교 정보통신공학과/프랑스 리옹 국립 응용 과학원 (INSA-Lyon, France)

(E-mail : ram56@yumail.ac.kr/cho@creatis.insa-lyon.fr)

***영남대학교 전자정보공학부

(E-mail : kyoo@yu.ac.kr)

***영남대학교 전자정보공학부

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0002)).

는 미흡하다. R. Reibman[3]은 비디오(Video) 데이터의 품질 측정을 위한 방안을 제시하였다. 제안된 방법은 비디오 데이터의 샘플이 아닌 비트 스트림(Bit Stream)으로부터 품질 왜곡을 측정하였다. 실험을 통해 비트 오류를 이용한 제안된 방법이 실제 비디오 데이터의 품질과 상관성이 있음을 입증하였다. Cho[4]는 전송될 신호의 분산 값(Variance)을 고정 상수(Constant Value)로 변형하여 잡음 채널을 통과한 멀티미디어 데이터의 분산 값과 고정 상수 간의 차로부터 품질 저하 정도를 추정하였다. 이 때, 원본 신호의 분산 값을 수정함으로써 발생하는 신호의 왜곡을 최소화하기 위해 웨이블릿 변환을 이용하여 전송될 데이터를 복수개의 부 대역 신호 군으로 분해한 후 특정 부 대역 신호(Sub-band Signals)의 분산 값만을 수정하는 방법을 택하였다.

이러한 멀티미디어 데이터의 품질 측정 기법은 원본 신호의 참조 여부에 따라 Full-Reference 기법, No-Reference 기법, Reduced-Reference 기법으로 분류된다. 먼저 Full Reference 기법은 전송된 데이터의 왜곡 정도를 측정하기 위해서 원본 신호 자체를 필요로 하는 방법이다. Full-Reference 기법의 대표적인 예는 RMSE(Root Mean Square Error)와 SNR(Signal to Noise Ratio)을 들 수 있는데, 가장 정확한 품질 측정을 가능하게 하지만, 수신 단으로 원본 데이터를 함께 전송해야 한다는 부담을 감수해야 하는 단점이 있다. 반면, No Reference 기법은 원본 신호의 참조 없이 전송된 데이터의 왜곡 정도를 측정하는 방법으로서 수신 단에서 원본 데이터가 없이도 전송된 데이터의 왜곡 정도를 추정해 낼 수 있으나, 이를 위해서는 전송 시에 데이터에 손상을 가하거나 시스템 자체가 매우 복잡해지는 단점이 있다. [3]과 [4]가 No-Reference 기법에 해당한다. 이 두 가지 방법

의 단점을 보완할 수 있는 방법이 Reduced-Reference 기법인데, 이는 전송된 데이터의 왜곡 정도를 측정하기 위해서 원본 신호의 특성을 나타내는 일부 정보를 이용하는 방법이다. Reduced-Reference 기법은 전송된 데이터의 품질 측정을 위해 원본 데이터의 일부 정보만을 참조하기 때문에 간단하면서도 우수한 예측이 가능한 시스템을 구성하기에 적합하다. [1]과 [2]가 Reduced-Reference에 해당하지만, 앞서 설명했듯이 워터마킹 기법이 지니는 한계로 인해 보다 효율적인 대안이 필요하다.

이에 본 논문에서는 오디오 신호의 전송 품질 측정을 위한 효율적인 Reduced-Reference 방법을 제안한다. 일반적으로 신호의 확률 분포(Probability Distribution) 특성 중 분산 값은 부가 잡음, 즉 음질의 열화에 민감하게 반응하기 때문에, 분산 값의 변화 정도를 측정함으로써 전송된 데이터의 왜곡 정도를 추정하는 것이 가능하다. 제안된 방법은 웨이블릿 변환으로부터 얻어진 특정 부 대역 신호의 확률 분포를 이용한다. 제안된 시스템에서 전송 단은 원본 오디오 신호의 특정 부 대역 신호의 분산 값을 전송하고, 수신 단에서 수신된 데이터의 해당 부 대역 신호의 분산 값과 원본 오디오 신호의 특정 부 대역 신호의 분산 값 간의 차이 값, 즉, 예측 분산 오차(Estimated Variance Error, EVE)를 계산함으로써 신호의 왜곡 정도를 추정할 수 있다. 제안된 시스템은 웨이블릿 변환에 의해 분해된 부 대역 신호 중 잡음에 보다 민감한 부 대역 신호를 선택하는 것이 가능하다. 이는 전송된 멀티미디어 신호로부터 전송도중 발생한 오류나 잡음의 양을 얼마나 잘 추정할 수 있는 있느냐가 우수한 품질 측정 시스템을 결정하는 조건 중 하나이기 때문에 매우 중요하다. 또한 제안된 시스템은 매우 간단하면서도 원

본 신호의 특성을 참조하기 때문에 우수한 품질 측정 성능을 기대할 수 있다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서 먼저 제안된 방법의 핵심 아이디어를 소개하고, 부 대역 신호의 분산 값을 이용한 Reduced-Reference 품질 측정 방법에 대해 자세히 설명한다. 제 3 장에서는 가우시안 잡음(Gaussian Noise), 이진 대칭 채널 잡음(Binary Symmetric Channel Noise), 길버트-엘리어트 채널 잡음(Gilbert-Elliot Channel Noise)과 같은 몇 가지 채널 환경에서의 성능 실험을 통해 예측 분산 오차로부터 계산된 예측 SNR(Estimated Signal to Noise Ratio, ESNR) 값과 실제 SNR간의 상관관계를 밝힘으로써 제안된 시스템을 평가한다. 또한 실제 적용 가능성을 평가하기 위해 MOS를 통한 주관적 품질 평가를 수행함으로써 제안된 방법의 유효성을 입증한다. 마지막으로 제 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 제안된 전송 품질 측정 기법

본 절에서는 제안된 Reduced-Reference 방법을 상세히 설명한다. 유/무선 네트워크(Wired/Wireless Network)를 통한 멀티미디어 데이터의 전송에 있어서 전송 품질은 거의 압축 및 채널 상에서 발생할 수 있는 잡음에 의존하게 된다. 특히 이 잡음이 i.i.d.(independent and identical distribution) 이라고 가정한다면, 명백하게 이 잡음의 분산 σ_N^2 은 다음과 같이 유도된다.

$$\sigma_N^2 = \sigma_Y^2 - \sigma_X^2 \tag{식 1}$$

여기에서 σ_X^2 는 원본 신호의 분산 값, σ_Y^2 는 부가성 잡음 채널을 통해 수신된 신호의 분산 값을 나타낸다. 즉, (식 1)은 원본 신호와 잡음이 첨가된 신호 간의 분산 값 차이를 계산함으로써 멀티미디어 데

이터의 전송 품질을 측정할 수 있음을 의미한다.

본 논문에서는 이러한 사실에 근거하여 오디오 데이터의 전송 품질 측정을 위한 방법을 제안한다. 그림 1은 제안된 시스템의 전체 구성도를 보여준다.

제안하는 방법은 전송 단에서 원본 오디오 신호의 분산 값을 전송하고, 수신 단에서 단순히 수신된 데이터의 분산 값과 원본 오디오 신호의 분산 값 간의 차이 값, 즉, 예측 분산 오차, EVE (Estimated Variance Error)를 계산함으로써 신호의 왜곡 정도를 추정한다. 여기에서 EVE는 (식 1)과 동일하게 구해진다.

이 때, 모든 부 대역 신호 성분, 즉 시간 영역에서의 분산 값을 이용하지 않고 특정 부 대역 신호의 분산 값을 이용함으로써 인간의 청각적 특성에 민감한 부 대역 신호로부터 보다 정확한 품질 측정을 기대할 수 있다. 그림 2는 이러한 특정 부 대역 신호의 분산 값에 기반 한 품질 측정 과정을 보여준다. 이해를 돕기 위해 단지 2채널로 웨이블릿 분해된 시스템을 고려하였다. 먼저, 전송 단에서 원본 오디오 신호 $x[n]$ ($0 \leq n \leq N-1$, N 은 오디오 신호의 샘플 개수)를 M 개의 작은 프레임 f_m ($0 \leq m \leq M-1$, M 은 프레임 개수)으로 나눈다. 이 때, 분산 값을 구하는 과정은 각각의 프레임에 대해서 독립적으로 이루어진다. 각각의 프레

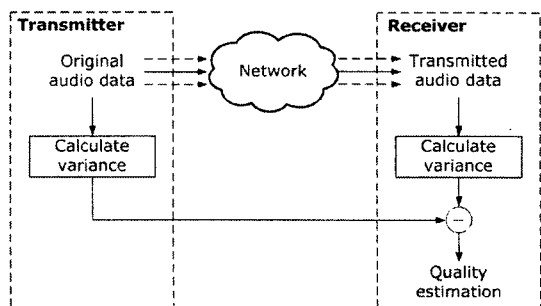


그림 1. 제안된 Reduced Reference 오디오 품질 측정 기법의 개념도

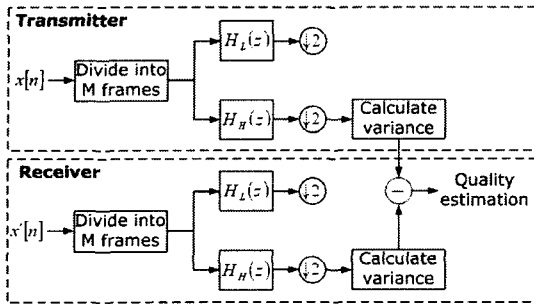


그림 2. 제안된 특정 부 대역 신호의 분산 값을 이용한 Reduced Reference 오디오 품질 측정 과정

$H_H[z]$ 에 의해 각각 저주파수 및 고주파수 신호로 분해가 되고, 이들 중 특정 부 대역 신호(그림 2에서는 고주파수 신호 군)의 분산 값 σ_{f_m} 을 구하여 원본 신호와 함께 수신 단으로 보낸다. 수신 단에서는 잡음 채널을 통과한 오디오 신호 $x'[n]$ 을 전송 단에서의 동일하게 M 개의 작은 프레임 f'_m 으로 나누고, 각각의 프레임 신호를 웨이블릿 분해 필터 군 $H_L[z]$ 와 $H_H[z]$ 에 의해 각각 저주파수 및 고주파수 신호로 분해한다. 이 때, (식 2)와 같이 전송 단에서의 동일한 부 대역 신호의 분산 값 $\sigma_{f'_m}$ 을 구하여 σ_{f_m} 와의 차로 예측 분산 오차 EVE 를 구하여 전송 품질을 추정한다.

$$EVE = |\sigma_{f_m} - \sigma_{f'_m}| \quad (식 2)$$

제안된 방법에서 각각의 프레임 신호로부터 구해지는 EVE 를 통해 실시간으로 품질측정이 가능하다. 그러나 본 논문에서는 전체 오디오 신호의 품질 측정만을 고려하여 (식 3)과 같이 각각의 프레임에서 측정된 EVE 의 평균값, 즉 평균 분산 예측 오차를 사용한다.

$$\overline{EVE} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} |\sigma_{f_m} - \sigma_{f'_m}| \quad (식 3)$$

3. 모의실험

제안된 오디오 품질 측정 방법의 유효성을 판별

표 1. 각 부 대역의 주파수 구간

1st-band	2nd-band	3rd-band	4th-band	5th-band
0.0~1.38	~2.75	~5.51	~11.02	~22.05

하기 위해서 샘플링 을 44.1KHz, 16bits로 양자화된 모노(Mono)의 가요(Pop), 록(Rock) 음악, 클래식(Classic) 음악을 실험 데이터로 사용하였다.

또한 부 대역 신호로 분해하기 위해서 하아 웨이블릿 필터(Harr Wavelet Filter)[7]를 저주파수 및 고주파수 대역에 반복적으로 적용하였다. 본 실험에서 원본 오디오 데이터는 5개의 부 대역, 즉 4레벨로 분해된다. 적용된 필터군은 고속 연산을 수행하기 위해 리프팅(Lifting) [8]으로 구현하였다. 표 1은 주파수 각각의 부대역의 구간을 나타낸다.

하나의 프레임은 11.88 초 (524,288 샘플)로 구성하였다. 본 논문에서 제안한 방법의 유효성을 판단하기 위해서 평균 예측 분산 오차, \overline{EVE} 와 SNR(Signal to Noise Ratio)과의 연관성을 알아보기 위한 기초실험과 \overline{EVE} 와 실제 인간의 청각이 느끼는 주관적인 음질과의 연관성을 알아보기 위한 MOS(Mean Opinion Score) 실험으로 나누어 그 결과를 도출하였다.

3.1 기초 실험

실험에 사용된 세 가지 음원에 대한 제안된 품질 측정 방법의 기초 실험에 따른 성능을, SNR(E 로 표기)과 \overline{EVE} 로부터 얻어진 예측 SNR (Estimated SNR, $ESNR$, ϵ 으로 표기) 간의 상호 유사도(Cross-Correlation)로 측정하였다.

$$SNR = E = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=0}^{L-1} x_i^2}{\sum_{i=0}^{L-1} (y_i - x_i)^2} \quad (식 4)$$

$$ESNR = \epsilon = 10 \log_{10} \frac{\sigma^2_x}{EVE} \quad (\text{식 } 5)$$

$$Cor(\epsilon, E) = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} (\epsilon_i - \mu_\epsilon)(E_i - \mu_E)}{\sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (\epsilon_i - \mu_\epsilon)^2 \sum_{i=0}^{L-1} (E_i - \mu_E)^2}} \quad (\text{식 } 6)$$

여기에서 $Cor(\epsilon, E)$ 은 SNR과 ESNR 간의 상호 유사도를 나타낸다.

왜곡된 품질을 예측하기 위해 본 실험에서는 가우시안 잡음(Gaussian Noise), 이진 대칭 채널 잡음(Binary Symmetric Channel Noise), 길버트-엘리어트 채널 잡음(Gilbert-Elliot Channel Noise)에 대해서 SNR과 ESNR의 관계를 분석한다. 여기에서, 가우시안 잡음은 평균이 0, 표준편차가 100에서 1,000 사이로 설정하였고, 이진 대칭 채널 잡음과 길버트-엘리어트 채널 잡음은 bit 단위의 에러 발생률이 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ 사이에 존재하도록 설정하였다. 또한 각 부 대역별 성능을 비교하기 위해서 시간영역에서 분산 값 차를 이용하여 전송 품질을 측정하는 방법과 함께 나타내었다.

가우시안 잡음, 이진 대칭 채널 잡음, 길버트-엘리어트 채널 잡음 첨가 후의 결과가 각각 그림 3 ~ 그림 5에 나타나 있다. 오디오 데이터의 품질 측정은 프레임 단위로 수행하였다. 표 2는 이때의 SNR 과 ESNR 간의 상호 유사도를 나타낸다. 가우시안 잡음은 모든 주파수 영역에 고루 분포하기 때문에 상호 유사도는 모든 주파수 영역에서 비슷한 결과를 나타낸다. 반면, 이진 대칭 채널 잡음과 길버트-엘리어트 채널 잡음은 모든 주파수 영역에 고루 분포하지 않기 때문에 부 대역별 품질 측정 결과는 부 대역에 따라 상이한 결과를 나타낸다. 그러나 부 대역으로 나누어 품질 측정을 수행할 경우, 인간의 청각이 민감한 대역을 선택했을 때 주관적 음질 평가와 높은 상관성을 가지

는 결과를 도출해낼 수 있음은 자명한 사실이다. 실험 결과를 종합하여 볼 때, 제안된 방법은 SNR 과 높은 상관도를 가짐을 알 수 있다. 게다가 제안된 방법은 오디오 데이터의 품질 측정 시에 원본과 전송된 오디오 신호의 분산 값 차만을 계산하여 신호의 왜곡 정도를 측정하기 때문에 매우 간단하다.

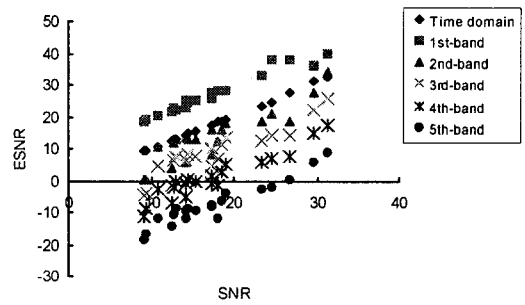


그림 3. 가우시안 잡음 후의 실험 결과(가요)

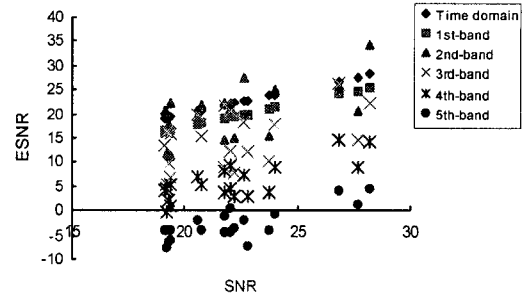


그림 4. 이진 대칭 채널 잡음 후의 실험 결과(록)

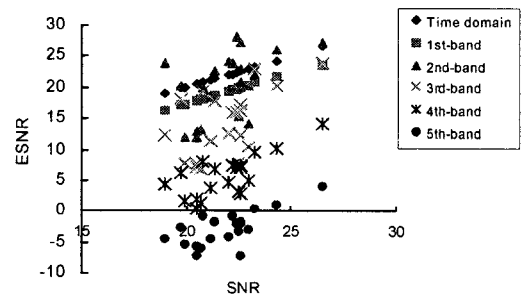


그림 5. 길버트-엘리어트 채널 잡음 후의 실험 결과(클래식)

표 2. SNR 과 ESNR 간의 상호 유사도

잡음	음원	Time domain	1st-band	2nd-band	3rd-band	4th-band	5th-band
가우시안	가요	0.99	0.98	0.90	0.91	0.95	0.95
	록	0.99	0.97	0.96	0.98	0.98	0.98
	클래식	0.99	0.92	0.98	0.99	0.99	0.99
이진대칭채널	가요	0.99	0.99	0.57	0.49	0.76	0.80
	록	0.99	0.99	0.91	0.29	0.74	0.76
	클래식	0.99	0.99	0.87	0.29	0.71	0.73
길버트-엘리어트	가요	0.99	0.99	0.49	0.56	0.72	0.71
	록	0.99	0.99	0.95	0.43	0.61	0.70
	클래식	0.99	0.99	0.95	0.69	0.91	0.93
평균		0.99	0.98	0.84	0.63	0.82	0.84

3.2 MOS실험

MOS는 피 실험자로 하여금 원음과 변형 음 간의 음질 왜곡 정도를 1~5점으로 채점하게 하여 주관적 음질 평가를 가능하게 하는 도구이다[9]. 표 3은 MOS에서 사용되는 점수와 그에 해당하는 음질을 보여준다. 본 실험에서는 멀티미디어 신호 처리를 전공하는 대학원생 5명을 대상으로 MOS를 측정하여 5명의 평균을 MOS 대푯값으로 사용하였다. 또한, 각 피 실험자의 MOS 측정은 ESNR을 구할 때와 마찬가지로 프레임 별로 측정하여 그 평균을 사용하였다.

실험에 사용된 세 가지 음원에 대한 제안된 품질 측정 방법의 MOS 실험에 따른 성능으로서, MOS와 ESNR간의 상호 유사도로 측정하였다. 왜곡된 품질을 예측하기 위해 본 실험에서는 가우시안 잡음, 이진 대칭 채널 잡음, 길버트-엘리어트 채널 잡음에 대해서 MOS와 ESNR의 관계를 분석한다.

표 3. MOS 점수 및 그에 대응하는 음질

1점	2점	3점	4점	5점
매우 나쁨	나쁨	보통	좋음	매우 좋음

가우시안 잡음, 이진 대칭 채널 잡음, 길버트-엘리어트 채널 잡음 첨가 후의 결과가 각각 그림 6 ~ 그림 8에 나타나 있다. 표 4는 이때의 MOS와 ESNR 간의 상호 유사도를 나타낸다. 실험 결

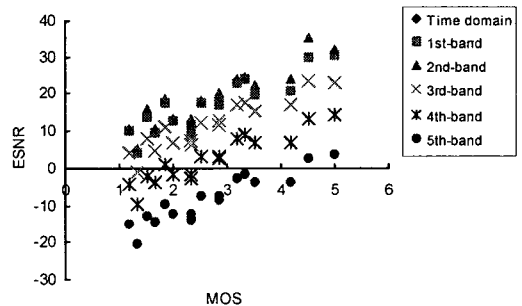


그림 6. 가우시안 잡음 후의 실험 결과(가요)

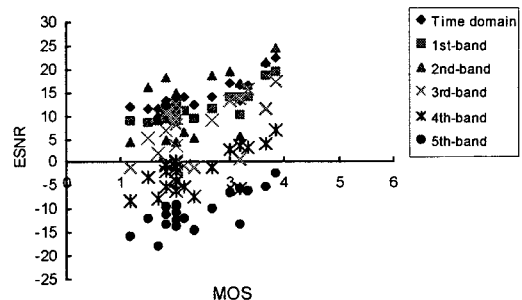


그림 7. 이진 대칭 채널 잡음 후의 실험 결과(록)

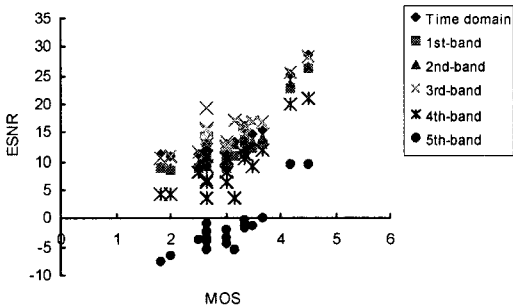


그림 8. 길버트-앨리어트 채널 잡음 후의 실험 결과(클래식)

과에서 알 수 있듯이 특정 주파수 성분만을 사용하더라도 충분히 전송 품질을 추정할 수 있다. 특히 음원의 장르에 따라 각 부 대역의 에너지 분포가 상이하기 때문에 품질 측정 성능 또한 차이를 보인다. 예를 들어 클래식 음원의 경우, 세 번째 대역 이상에서 신호의 모든 주파수 성분을 사용하는 시간 영역 방법 보다 훨씬 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 따라서 제안된 특정 주파수 신호 기반 방식의 성능을 향상시키기 위해서 웨이블릿 분해 레벨을 증가하여 세밀하게 분해된 부 대역 신호들을 동일한 범위(-1과 1사이)로 정규화 하여 인간의 청각 시스템(Human Auditory System, HAS)에 보다 민감한 부 대역 신호의 분산

값에 더 큰 가중치를 부여함으로써 실제 인간이 느끼는 음질에 더욱 근접하도록 전송 품질을 추정하는 방법을 고려할 수 있다. 또한 No-Reference 방식으로의 확장을 고려했을 때, 모든 주파수 성분을 수정하는 시간 영역 기반 방식이 음질의 심각한 왜곡을 초래할 수 있으므로 특정 주파수 성분을 이용하는 제안된 방법이 보다 적절함을 짐작할 수 있다. 이러한 진보된 방법들은 향후 연구로 남겨두기로 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 오디오 데이터의 전송 품질 측정을 위한 Reduced-Reference 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 전송 단에서 원본 오디오 신호의 특정 부 대역 신호의 분산 값을 전송하고, 수신 단에서 전송된 데이터의 해당 부 대역 신호의 분산 값과 원본 오디오 신호의 특정 부 대역 신호 분산 값 간의 차이 값, 즉, 예측 분산 오차 EVE를 계산함으로써 신호의 왜곡 정도를 추정한다. 모의실험을 통해 제안된 방법이 특정 주파수 성분만을 사용하더라도 충분히 전송 품질을 추정할 수 있음을 증명하였다. 향후 연구로서 인간의

표 4. MOS 와 ESNR 간의 상호 유사도

잡음	음원	Time domain	1st-band	2nd-band	3rd-band	4th-band	5th-band
가우시안	가요	0.95	0.93	0.76	0.77	0.82	0.84
	록	0.90	0.86	0.90	0.88	0.90	0.91
	클래식	0.88	0.82	0.91	0.92	0.93	0.93
이진대칭채널	가요	0.87	0.87	0.56	0.61	0.74	0.77
	록	0.84	0.84	0.84	0.60	0.79	0.79
	클래식	0.69	0.69	0.60	0.89	0.85	0.84
길버트-앨리어트	가요	0.87	0.87	0.34	0.41	0.60	0.67
	록	0.85	0.85	0.87	0.83	0.83	0.87
	클래식	0.85	0.85	0.78	0.94	0.94	0.94
평균		0.85	0.84	0.73	0.76	0.82	0.84

청각 시스템에 보다 민감한 부 대역 신호의 분산 값에 더 큰 가중치를 부여함으로써 실제 인간이 느끼는 음질에 더욱 근접하도록 전송 품질을 추정하는 방법과 인간의 청각 시스템에 민감한 특정 부 대역 신호의 분산 값을 수정하는 No-Reference 방식으로의 확장을 고려할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] L. Cai, J. Zhao, "Audio Quality Measurement by Using Digital Watermarking," Proceeding of CCECE 2004, pp. 1159 - 1162, 2004

[2] D. Zheng, J. Zhao, W. J. Tam, F. Speranza, "Image Quality Measurement by Using Digital Watermarking," Proceeding of IEEE International Workshop on Haptic, Audio and Visual Environments and their Applications, pp. 65-70, 2003

[3] A. R.Reibman, V. A.Vaishampayan, Y. Sermadevi, "Quality Monitoring of Video Over a Packet Network," IEEE Transaction on Multimedia, Vol. 6, No. 2 , pp. 327-334, 2004

[4] 조재원, 박하중, 김민수, 정현열, 정호열, "부대역 신호의 분산 값을 이용한 오디오 데이터의 전송 품질 측정," 한국음향학회 추계 학술 발표대회 논문집, 제 24권, 2(s) 호, pp. 191-194, 2005. 10

[5] O. Hagsand, K. Hanson, I. Marsh, "Measuring Internet Telephony Quality; Where Are We Today?," Proceeding of Global Telecommunications Conference (Globecom'99), pp. 1838-1842, 1999

[6] G. Bucci, F. Franciosi, P. Valocchi, "The Measurement of Audio-Codec Sound Quality," Proceeding of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 622-627, 1996

[7] Gilbert Strang, Truong Nguyen, "Wavelets and Filter Banks" Wellesley Cambridge Press, 1997

[8] Sweldens W., "The lifting Scheme : A Custom-

Design Construction of Biorthogonal Wavelets," Applied and Computational Harmonic Analysis, Vol. 3, No. 2, pp. 186-200, 1996

[9] ITU-R. Rec. BS.1116 : Method for the Subjective Assessment of Small Impairments in Audio Systems Including Multichannel Sound Systems, International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1994



조 재 원

- 2002년 8월 영남대학교 정보통신공학사
- 2004년 8월 영남대학교 정보통신공학석사
- 2004년 9월~현재 영남대학교 정보통신공학과 박사과정
- 2004년 10월~현재 (佛) 리옹 국립 응용 과학원 (INSA-Lyon) 전자공학과 박사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 3차원 메쉬 시퀀스 압축, 워터마킹, 멀티미디어 전송 품질 측정



유 국 열

- 1991년 2월 경북대학교 전자공학사
- 1993년 2월 한국과학기술원 전기전자공학석사
- 1998년 4월 한국과학기술원 전기전자공학박사
- 1998년 8월~2001년 3월 삼성전자 중앙연구소 책임연구원
- 2001년 4월~현재 영남대학교 전자정보공학부 조교수
- 관심 분야 : 멀티미디어 통신, 영상압축, 영상처리



정 호 열

- 1988년 8월 아주대학교 전자공학사
 - 1990년 8월 아주대학교 전자공학석사
 - 1998년 4월 (佛) 리옹 국립 응용 과학원 (INSA-Lyon) 전자공학박사
 - 1999년 3월~현재 영남대학교 전자정보공학부 부교수
 - 2005년 2월~2006년 2월 미국 University of Washington 객원 연구원
 - 관심 분야 : 디지털 신호처리, 워터마킹, 데이터 압축, 3차원 그래픽스, 멀티미디어 전송 품질 측정, 지능형 자동차
-
-