

일반논문-07-12-3-05

다양한 디스플레이 기기의 주관적 화질 상관도 비교

최지환^{a)}, 정태욱^{a)}, 최현수^{a)}, 이은재^{b)}, 이상욱^{a)}, 이철희^{a)†}

Subjective video quality comparison on various display monitors

Jihwan Choe^{a)}, Taek Jeong^{a)}, Hyun Soo Choi^{a)}, Eunjae Lee^{b)}, Sang Wook Lee^{a)},
and Chulhee Lee^{a)†}

요약

최근 국제전기통신연합은 몇몇 객관적 화질평가 모델을 국제 표준으로 채택하였다. 채택된 화질평가 모델은 방송용 CRT 모니터를 통해 출력되는 디지털 비디오의 품질을 측정하는데 적합하도록 개발되었다. 본 논문에서는 객관적 품질평가 모델이 방송용 CRT 뿐만 아니라 일반적인 CRT, PDP, LCD 등의 디스플레이 기기에 적용이 가능한지 검토하기 위하여 주관적 실험을 시행하였다. 다양한 디스플레이 기기를 대상으로 주관적 품질평가를 시행한 결과 각각의 디스플레이 기기 사이에 비교적 높은 상관관계가 존재하였다. 이는 표준으로 채택된 화질평가 모델이 주어진 주관적 평가 조건하에서 각각의 디스플레이 기기에 적용될 수 있다는 것을 보여준다.

Abstract

Recently, International Telecommunication Union approved several methods for objective video quality measurements to be included in international standards. These methods are mainly developed to measure quality of digital video on professional CRT monitors. In this paper, we performed subjective tests in order to examine the applicability of the standard quality assessment methods for different display monitors such as common CRT, PDP, and LCD TV monitors as well as professional CRT monitors. Subjective testing on different display monitors shows that there exist relatively high correlations between the various display monitors, which indicates the standard quality assessment methods can be used on the display monitors under the given conditions of subjective quality assessment.

Keyword : video quality, subjective quality assessment, CRT, PDP, LCD.

1. 서론

최근 디지털 동영상 압축기술의 비약적인 발전과 다양한 전송매체의 출현으로 동영상의 중요성이 갈수록 높아지고

있다. 특히 디지털 방송이 시작되고 DMB, IPTV 등 다양한 서비스가 등장하면서 동영상의 화질에 대한 관심도 높아지고 있다. 이 같은 다양한 동영상 서비스들은 동영상을 디지털화 한 후 압축 및 전송과정을 통해서 사용자에게 전달된다. 이 과정에서 기존의 아날로그 방식의 동영상 제작 및 전송 시 발생하는 화질의 열화와는 매우 다른 형태의 열화가 발생하게 된다. 특히 한정된 자원으로 높은 화질을 제공하기 위하여 정보를 압축하게 되는데 여기서 발생하는 정보의 손실로 인하여 블로킹(blocking), 블러링(blurring), 물

a) 연세대학교 전기전자공학과

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

b) 삼성전자(주)

Samsung Electronics Co., Ltd.

† 교신저자 : 이철희(chulhee@yonsei.ac.kr)

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0011))

결현상(ringing) 등이 발생하게 된다^{11, 12}. 또한 전송과정상의 오류로 인하여 영상의 일부를 잃어버리게 되고 이 같은 오류 현상이 일정시간동안 다음 화면에 전파(error propagation)되기도 한다¹³.

이처럼 동영상의 제작 및 전송과정에서 발생하는 열화현상을 최종 사용자의 관점에서 측정하기 위해서 주관적 화질평가(subjective video quality assessment)가 사용된다. 주관적 화질평가 방법은 다수의 평가자가 직접 동영상을 보고 화질을 평가하는 방법으로서 인간의 화질 인지특성을 반영할 수 있는 가장 정확한 방법으로 널리 사용되고 있다¹⁴. 또한 주관적 화질평가는 객관적 화질평가 방법(objective video quality assessment)을 개발하기 위한 기준이 된다^{15, 16}. 즉, 주어진 동영상에 대하여 주관적 화질평가를 시행하면 주관적 화질평가 수치를 얻을 수 있다. 또한 동일한 동영상에 대하여 객관적 화질평가 모델을 적용하면 객관적 화질평가 수치를 얻을 수 있다. 이때 객관적 화질평가 수치와 주관적 화질평가 수치가 유사할수록 객관적 화질평가 모델의 성능이 우수하다고 볼 수 있다.

주관적 화질평가는 인간이 느끼는 동영상의 화질을 가장 정확히 측정할 수 있는 방법이지만 다수의 평가자가 직접 실험에 참여해야 하기 때문에 많은 시간과 비용이 요구된다. 또한 동일한 실험을 여러 번 반복해도 항상 같은 결과를 얻을 수 없고, 실시간 적용이 불가능하여 실제 응용에서는 사용이 크게 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 객관적 화질평가방법에 대한 연구가 널리 이루어지고 있다^{14, 5, 6}. 특히 국제전기통신연합(ITU: International Telecommunication Union)과 VQEG(Video Quality Expert Group)을 중심으로 객관적 화질평가방법의 국제 표준화 제정을 위한 활동이 이루어지고 있고, 그 결과로서 최근 표준해상도 디지털 방송(SDTV)에 대한 객관적 화질평가 모델의 국제표준이 제정되었다^{7, 8, 10, 11, 12}.

다양한 화질평가 모델의 개발과정에 있어서 주관적 화질평가는 객관적 화질평가모델의 성능을 평가하는 가장 기본적인 수단이다. 현재 국제적으로 사용되고 있는 주관적 평가 방법은 ITU 권고문 BT.500에 제시되어있다⁹. 이 권고문에서는 디지털 입력을 가지는 방송용 CRT 모니터를 사용하도록 권고하고 있다. 그러나 이러한 모니터는 일반적

인 아날로그 CRT 및 최근 널리 보급되고 있는 PDP, LCD 디스플레이 기기와 다른 특성을 가진다. 즉, 방송용 CRT에서 관찰되는 열화 현상이 LCD나 PDP에서는 관찰되지 않을 수 있고, 그 반대의 경우도 자주 발생한다. 이처럼 디스플레이 기기의 특성이 다르기 때문에 방송용 CRT의 주관적 화질을 바탕으로 만들어진 객관적 화질평가모델을 일반적인 디스플레이 기기에 직접 적용할 경우 화질측정에 실패할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 다양한 디스플레이 기기를 대상으로 주관적 화질평가를 시행하고 평가결과의 상관도를 분석하여 객관적 화질평가 모델이 일반적인 디스플레이 기기에 적용이 가능한지 검토해본다.

II. 실험 환경 및 절차

1. 주관적 평가방법 선정

텔레비전 방송 서비스의 주관적 화질평가는 ITU-R 권고문 BT.500에서 표준화한 방법이 널리 사용되고 있다. 여기에서 제시하는 주관적 화질평가 방법은 총 3가지로서 평가 목적에 맞도록 적절히 선택하여 사용할 수 있다. 먼저 DSIS(Double Stimulus Impairment Scale method)는 평가자에게 원본영상과 처리영상을 순서대로 보여준 후 각각의 영상에 대해 다섯 단계의 열화정도를 묻는 테스트이다. DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality Scale method)는 DSIS와는 달리 원본영상과 처리영상의 순서를 무작위로 정하고 두 번 반복해서 보여준 후 평가자에게 화질의 열화정도를 직접 묻지 않고 단지 좋고 나쁨의 정도만을 묻는다. SDSCE(Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation method)는 원본영상과 처리영상을 동시에 보면서 연속적으로 화질을 평가하는 방법이다. 본 논문에서는 원본영상(source video)과 처리영상(processed video)의 상대적인 화질을 측정하는데 가장 적합하다고 알려져 있는 DSCQS방법을 사용한다.

DSCQS방법은 그림 1에서와 같이 평가자들에게 각각 원본영상과 처리영상을 연속해서 두 번씩 보여준다. 영상의 제시순서는 “원본영상(A)→처리영상(B)→원본영상(A*)→

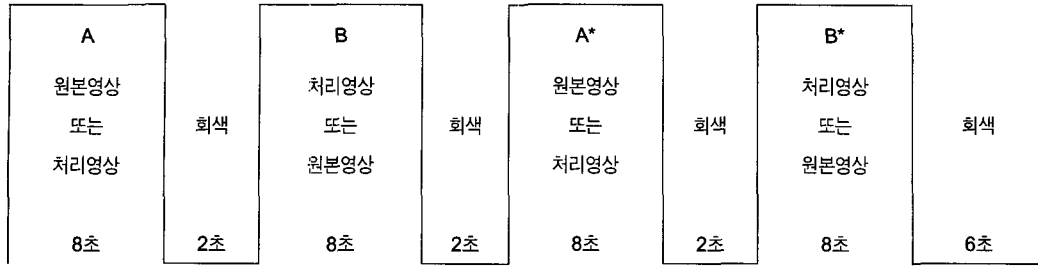


그림 1. DSCQS방법의 실험 동영상 제시 과정
Fig. 1. Presentation of video sequences for the DSCQS method

처리영상(B*)”이 되거나 “처리영상(A)→원본영상(B)→처리영상(A*)→원본영상(B*)”의 순서가 되는데 각각의 동영상에 대해 두 가지 방법 중의 하나를 무작위로 선택하여 사용한다. 이렇게 함으로써 평가자가 원본 영상과 비교되는 처리영상에 대해 선입견을 가지지 않도록 할 수 있다. 또한 각 영상의 사이에는 회색영상이 2초간 나타나고, 마지막 영상이 제시된 후 6초간 회색 영상이 나타난다. 평가자는 두 번째 영상(B)의 제시가 끝난 후부터 두 영상에 대한 화질 평가 점수를 그림 2에 있는 5단계(매우 좋음, 좋음, 보통, 떨어짐, 나쁨)로 구분된 연속 측정 평가표(continuous grading scale)에 펜으로 직접 표시한다. 평가표에서 각 눈금은 각각 20단위로서 가장 아래에 표시된 선은 0점, 가장 위쪽의 선은 100점으로 환산된다.

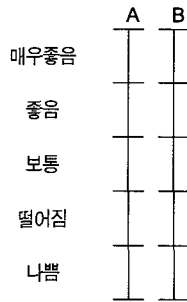


그림 2. DSCQS 연속 측정 평가표
Fig. 2. DSCQS continuous quality scale

2. 실험실 설정

실험실의 밝기, 화면의 밝기, 화면과의 거리, 시청각도 등 화질평가를 위한 실험조건(viewing condition)은 BT.500에

상세하게 규정되어 있다. 이러한 규정에 따라 세 명의 평가자가 동시에 화질평가를 할 수 있는 실험실을 그림 3에서처럼 구성하였다. 모니터는 각 실험의 목적에 맞도록 다양한 디스플레이 기기를 설치하였고 디스플레이 기기와 시청자의 거리는 화면 높이(H)의 4배(4H)로 설정하였다. 실험실의 조명은 모니터 뒤쪽의 조명벽(lightwall)을 사용한다. 이는 실험실의 조명이 평가자의 뒤쪽에 있거나 위쪽에 있을 경우 모니터의 화면에 조명이 반사되어 실험에 영향을 줄 수 있기 때문이다.

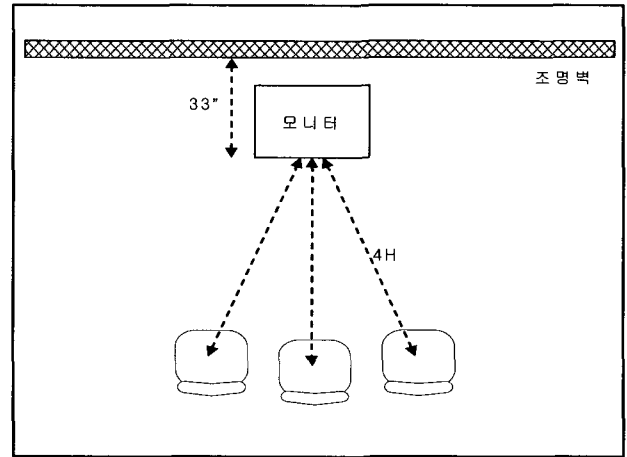


그림 3. 화질평가실
Fig. 3. Test Environment

3. 사용된 디스플레이 기기

주관적 평가에 사용된 디스플레이 기기로는 방송용 모니터를 비롯하여 현재 널리 상용화된 TV중 몇 가지를 선

택하였다. 주관적 평가에 사용된 디스플레이 기기는 표 1과 같다.

표 1. 주관적 평가용 디스플레이 기기
Table 1. Descriptions of the display monitors for subjective tests

구분	디스플레이 기기	크기	입력
DPCRT	방송용 CRT 모니터(디지털 입력)	19인치	CCIR 601
APCRT	방송용 CRT 모니터(아날로그 입력)	19인치	Composite
PDP	PDP TV	42인치	Composite
LCD	LCD TV	17인치	Composite
CGCRT	일반 사용자용 CRT TV	20인치	Composite

4. 실험에 사용된 동영상

본 실험에서는 VQEG에서 제공하는 Phase I 영상들을 사용하였다^[10,12]. 이 영상들은 ITU의 표준화 과정에서 객관적 화질평가 모델의 성능을 평가하기 위하여 사용되었으며 현재 일반에 공개되어있다. VQEG에서는 총 160개의 원본-처리영상 쌍(pair)을 제공하고 있다. 이들 동영상은 다양한 특성을 가지는 자연영상 및 합성영상으로 이루어져 있으며 낮은 품질에서부터 매우 높은 품질의 영상을 고르게 포함하고 있다. 본 실험에서는 이들을 두 개의 그룹으로 무작위로 나누었고, 각각의 그룹은 64개의 원본-처리영상 쌍으로 이루어진다. 나머지 32개의 쌍은 본 실험에서 사용되지 않았다. 주관적 화질평가 실험은 서로 다른 5종류의 디스플레이 기기에 대하여 각각의 동영상 그룹별로 실시되었다. 즉, 총 10회의 주관적 평가 실험을 실시하였다.

5. 평가자

평가자는 하나의 실험에 대해서 14명에서 18명 까지 참여하였다. 평가자는 모두 화질평가연구와 직접적인 관련이 없는 20세에서 33세 사이의 비전문가들로 구성되었고, 교정시력이 양안 모두 1.0이상이며, 색맹이나 색약자는 제외되었다. 또한, 지시사항을 이해할 수 없거나 유효한 평가를 할 수 없는 사람은 배제하였다. 표 2는 각 실험에 참여한 인원의 수를 보여주고 있다.

표 2. 각각의 주관적 평가실험에 참여한 인원수
Table 2. Numbers of evaluators for each subjective test

	DPCRT	APCRT	PDP	LCD	CGCRT
그룹 1	14	17	16	16	17
그룹 2	14	17	18	16	18

III. 실험 결과

각 영상에 대한 화질 점수는 MOS(Mean Opinion Score)로 환산될 수 있다. MOS는 각 동영상에 대해 평가자가 부여한 평가 점수의 평균을 취한 것으로 동영상의 절대적 화질을 나타내는 수치가 된다. 또 다른 화질 수치로서 원본영상과 처리영상의 상대적 화질측정에 사용되는 DMOS (Difference Mean Opinion Score)가 있다. DMOS는 평가자들이 각 동영상에 부여한 점수들의 차이(Difference)값의 평균을 의미한다. 즉 원본영상의 MOS값(MOSr)과 처리영상의 MOS값(MOSp)의 차이가 처리영상의 DMOS값이 된다.

$$DMOS = MOS_r - MOS_p$$

예를 들어 원본영상과 처리영상 사이에 화질차이가 거의 없다면 DMOS는 0근처의 값을 갖게 되고, 화질 차이가 커질수록 DMOS 값도 커지게 된다. 본 논문에서는 화질을 나타내는 수치로 DMOS를 사용한다.

실험은 두 그룹의 동영상에 대하여 각각 5가지 디스플레이 기기별로 시행되었고, 두 결과를 합산하여 상호상관계수(Pearson Correlation Coefficient)를 구하였다. 두 변량 X, Y 사이의 상호상관계수 $\rho_{X,Y}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

여기서 $cov(X,Y)$ 는 X와 Y의 공분산을 의미하며, σ_X 와 σ_Y 는 각각 X와 Y의 표준편차를 의미한다. 상호상관계수는 두 변량 사이의 상관관계의 정도를 나타내는 수치로서 화질평가에서 평가측도로 사용된다^[10,11]. 상호상관계수가 1에 가까울수록 두 변량사이의 상관도가 높다는 것을 뜻한다. 즉, 본 실험결과에서 두 개의 서로 다른 디스플레이 모니터

에서 각각 산출된 자료 값들의 상관도가 1에 가깝다는 것은 두 디스플레이 모니터에서 수행된 주관적 평가 결과가 매우 유사하다는 것을 의미한다. 또한 주관적 평가 결과가 유사하다는 것은 두 개의 디스플레이 모니터가 최종 사용자의 관점에서 유사한 품질특성을 가진다고 말할 수 있다.

표 3, 4, 5는 그룹별 실험에서 각각의 디스플레이 기기에서 시행한 주관적 평가결과(DMOS) 사이의 상호상관도를

표 3. 각 디스플레이 기기 사이의 상호상관계수(그룹 1)
Table 3. Correlation coefficients between the display monitors (Group 1)

	DPCRT	APCRT	PDP	LCD	CGCRT
DPCRT	1	0.912	0.906	0.893	0.909
APCRT	0.912	1	0.923	0.927	0.956
PDP	0.906	0.923	1	0.881	0.913
LCD	0.893	0.927	0.881	1	0.918
CGCRT	0.909	0.956	0.913	0.918	1

표 4. 각 디스플레이 기기 사이의 상호상관계수(그룹 2)
Table 4. Correlation coefficients between the display monitors (Group 2)

	DPCRT	APCRT	PDP	LCD	CGCRT
DPCRT	1	0.930	0.916	0.868	0.863
APCRT	0.930	1	0.933	0.920	0.924
PDP	0.916	0.933	1	0.903	0.908
LCD	0.868	0.920	0.903	1	0.928
CGCRT	0.863	0.924	0.908	0.928	1

표 5. 각 디스플레이 기기 사이의 상호상관계수(그룹 1, 2)
Table 5. Correlation coefficients between the display monitors (Group 1, 2)

	DPCRT	APCRT	PDP	LCD	CGCRT
DPCRT	1	0.918	0.910	0.877	0.884
APCRT	0.918	1	0.922	0.924	0.932
PDP	0.910	0.922	1	0.887	0.910
LCD	0.877	0.924	0.887	1	0.916
CGCRT	0.884	0.932	0.910	0.916	1

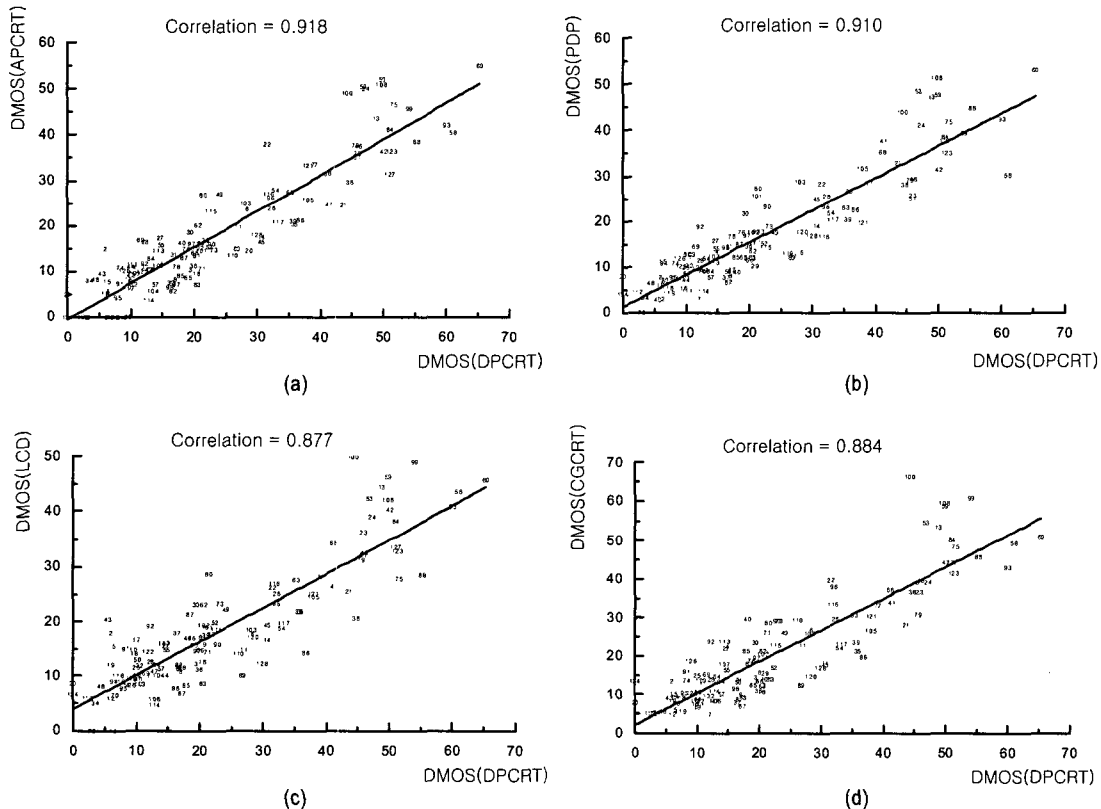


그림 4. DPCRT와 다양한 디스플레이 기기 사이의 DMOS 분포. (a) DPCRT-APCRT, (b) DPCRT-PDP, (c) DPCRT-LCD, (d) DPCRT-CG CRT
Fig. 4. Scatter plots between DPCRT and the other display monitors

보여주고 있다. 또한 그림 4는 디지털 입력을 가지는 방송용 모니터(DPCRT)와 다른 디스플레이 기기 사이의 DMOS 분포도를 나타내고 있다. 표 5에서 DPCRT를 사용한 실험 결과를 기준으로 했을 때 아날로그 입력의 방송용 모니터와의 상관계수는 0.918이었고 PDP의 경우는 0.910으로 비교적 높은 상관도를 보이고 있다. 반면 CGCRT와 LCD에서 실시한 주관적 평가 결과는 APCRT와 PDP에 비하여 상대적으로 낮은 상관도를 보이고 있다. 즉, 그림 4(c)와 (d)에서 볼 수 있듯이 LCD와 CGCRT의 경우 선형회귀선에서 멀리 떨어져 있는 분포값이 APCRT나 PDP의 경우보다 많은 것을 볼 수 있다. 이는 DPCRT에서 높은 DMOS값(낮은 화질)을 가지는 동영상들이 CGCRT와 LCD에서 반드시 높은 DMOS값을 가지는 것이 아님을 의미한다. 이 같은 현상은 동영상의 처리과정에서 발생하는 다양한 열화현상이 각 디스플레이의 특성에 따라 다르게 인식될 수 있기 때문에 발생한다. 즉, 디스플레이 기기의 해상도 차이나 디스플레이 기기에 사용되는 후처리과정 등으로 인하여 열화요인이 감추어지는 효과(Masking effect)가 발생하게 되면 블로킹 현상이나 물결현상 등이 인지되지 않거나 블러링이 심해질 수 있게 된다.

이와 같은 현상은 표 6의 결과에서 다시 확인할 수 있다. 표 6은 각각의 디스플레이 기기를 대상으로 모든 동영상의 DMOS값에 평균을 취한 결과이다. 여기서 확인할 수 있듯이 DPCRT의 DMOS값은 다른 디스플레이 기기의 DMOS값에 비하여 크다는 것을 확인할 수 있다. 즉, DPCRT의 경우에서처럼 디스플레이 과정에서 어떠한 손실이나 후처리과정 없이 화면을 재현할 경우 다른 디스플레이 기기보다 쉽게 열화가 인지된다는 것을 알 수 있다. 따라서 객관적 화질평가 모델의 개발을 위하여 주관적 평가실험을 실시할 경우 디스플레이 기기의 선택이 주관적 평가 결과에 영향을 줄 수 있고 이를 바탕으로 만들어진 객관적 화질평가 모델 또한 영향을 받을 수 있다.

표 6. 각 디스플레이 기기별 모든 동영상의 DMOS 평균값
Table 6. Mean of DMOS of all video sequences for each display monitors

	DPCRT	APCRT	PDP	LCD	CGCRT
DMOS 평균	22.32	14.26	16.74	14.87	20.96

그러나 이처럼 디스플레이 기기에 따라 주관적 평가결과가 차이를 보임에도 불구하고 실험에 사용된 모든 디스플레이 기기에 대하여 DPCRT를 기준으로 0.877 이상의 상관도를 가진다는 것은 DPCRT에 적합하도록 개발된 객관적 화질평가 모델이 다른 디스플레이 기기에 일정부분 적용될 수 있다는 것을 의미한다.

IV. 결 론

최근 국제전기통신연합에서 채택된 객관적 화질평가 모델들은 디지털 입력을 가지는 방송용 CRT 모니터를 통해 출력되는 비디오의 품질을 측정하기위해 개발되었다. 본 논문에서는 객관적 품질평가 모델이 방송용 CRT 뿐만 아니라 일반적인 CRT, PDP, LCD 등의 디스플레이 기기에 적용이 가능한지 검토하기위하여 주관적 평가 실험을 시행하였다. 각각의 디스플레이 기기를 대상으로 주관적 품질평가를 시행한 결과 디스플레이 기기별로 품질특성에 차이를 보였으나 전반적으로 높은 상관관계가 존재하였다. 이는 표준으로 채택된 화질평가 모델을 다양한 디스플레이 기기에 적용할 수 있는 가능성을 보여준다. 그러나 평가자 수, 실험에 사용된 동영상의 내용 및 형식, 평가자의 연령층 및 직업, 실험에 사용된 디스플레이 기기의 종류 등 다양한 제약조건을 고려할 때 본 연구의 결과를 모든 디스플레이 기기에 대해 일반화할 수는 없다. 현재 디스플레이 기기의 주관적 화질평가 특성에 대한 연구가 초기 단계임을 고려할 때 디스플레이 기기의 주관적 품질을 정량적으로 분석하고 이를 객관적 품질평가에 응용하기 위해서는 위에서 제시한 다양한 조건을 폭넓게 고려한 추가의 주관적 평가 실험이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] V.-M. Liu, J.-Y. Lin, and K.-G. Wu, C.-N. Wang, "Objective image quality measure for block-based DCT Coding," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 43, no. 3, pp. 511-516, 1997.
- [2] H. R. Wu, M. Yuen, "A generalized block-edge impairment metric for video coding," IEEE Signal Process. Lett., vol. 4, no. 11,

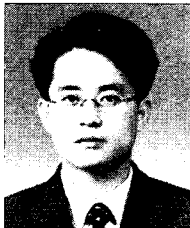
- pp. 317-320, 1997.
- [3] A. R. Reibman, V. A. Vaishampayan, Y. Sermadevi, "Quality Monitoring of Video Over a Packet Network," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 6, no. 2, pp. 327-334, 2004.
- [4] Z. Wang, HR Sheikh, and AC Bovik, Objective video quality assessment, in *The Handbook of Video Databases: Design and Applications* (B. Furht and O. Marques, eds.), CRC Press, 2003.
- [5] Video Quality Experts Group, "Video Quality Experts Group: Current Results and Future Directions," 2000.
- [6] S. Olsson, M. Stroppiana and J. Baina, "Objective methods for assessment of video quality: state of the art," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.43, no.4, pp.487-495, 1997.
- [7] ITU-R, "Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference," Recommendation ITU-R BT.1683, 2004.
- [8] ITU-T, "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," Recommendation ITU-T J.144, 2004.
- [9] ITU-R, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," Recommendation ITU-R BT.500-11, 2002.
- [10] Video Quality Experts Group, "Final report from the Video Quality Experts Group on the validation of objective models of video quality assessment," 2000.
- [11] Video Quality Experts Group, "Final report from the Video Quality Experts Group on the validation of objective models of video quality assessment, Phase II," 2003.
- [12] <http://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/>

저 자 소 개



최 지 환

- 1999년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 2002년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2002년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 화질평가



정 태 욱

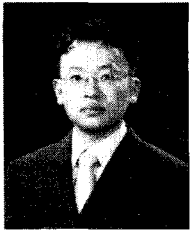
- 1996년 2월 : 연세대학교 수학과 졸업(학사)
- 1998년 2월 : 연세대학교 수학과 졸업(석사)
- 2003년 8월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업(석사)
- 2003년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 화질평가



최 현 수

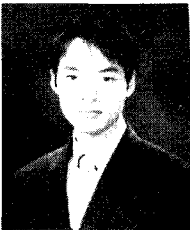
- 2004년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2006년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 화질평가

저 자 소 개



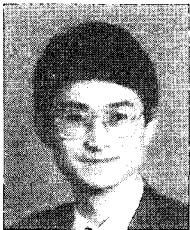
이 은 재

- 2004년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 현 삼성전자 연구원
- 주관심분야 : 영상신호처리



이 상 옥

- 2004년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2006년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 화질평가



이 철 회

- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 1986년 ~ 1987년 : Technical University of Denmark (DTH), Denmark
- 1992년 12월 : Purdue University, Electrical Engineering (박사)
- 1993년 ~ 1996년 : National Institutes of Health, Maryland USA
- 현 연세대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 화질평가