

# 보정을 위한 고해상도 360° 프로젝션 영상 분석 방법

한정수\*, 김귀정\*\*

백석대학교 정보통신학부\*, 건양대학교 의공학과\*\*

## 360° Projection Image Analysis Method for the Calibration

Jung-Soo Han\*, Gui-Jung Kim\*\*

Division of Information & Communication, Baeseok Univ.\*

Department of Biomedical Engineering, Konyang Univ.\*\*

**요약** 테마파크, 홍보관, 과학관 등의 다면 영상시스템에서 초기 설치 시 빔 프로젝터들간의 하드웨어적 특성 및 설치 후 시간이 경과함에 따라 발생하는 영상의 열화 현상이 발생한다. 본 연구에서는 영상관의 품질과 유지보수의 어려움을 해결하기 위해 10비트 High-depth 및 고해상도 360° 프로젝션 영상 분석 기술을 연구하였다. 그 목적은 경제적 손실을 최소화하고, 영상의 품질을 효율적으로 지원할 수 있는 특수영상관 캘리브레이션 시스템 개발을 목표로 한다. 이를 위해 영상 분석 기술의 방법을 제안하였고, 영상 분석 기술에 대한 세부 기능과 평가방법 등을 설명하였다. 평가방법은 평가 항목별로 제시하였고, 실험 방법과 목표치에 대한 추정 값을 제시하였다.

**주제어** : 영상분석, 캘리브레이션, 열화, 다면영상, 플리커

**Abstract** Image degradation will occur depending on hardware characteristics according to the lapse of time between beam projectors when multivision system is installed in the Theme park/Exhibition/Science Museum. In this paper, we have researched the 10-bit High-depth and high-resolution 360 ° projection image analysis technique to solve the problems of quality and the maintenance of the theater. The goal is to minimize the economic losses and the development of special theater calibration system that can efficiently support a quality of an image. We proposed the method of image analysis technology, and explained the detailed functions and evaluation methods for image analysis technique. Evaluation method included the performance items, and proposed reasonable value to the experimental method and the goal value.

**Key Words** : Image analysis, calibration, deterioration, multi vision, flicker

### 1. 서론

IT기술의 발전과 디지털 융합의 가속화로 각종 테마파크/전시관/홍보관/과학관/EXPO 등에서 다양한 IT 기술과 콘텐츠를 접목시킨 새로운 형태의 뉴 미디어 영상

시스템이 활용되어지고 있다. 새로운 형태의 뉴 미디어 영상 시스템은 크게 인터랙션 기술을 활용한 시스템들과 다양한 형태의 특수 영상관 시스템으로 분류 되는데 그 중 특수 영상관 시스템은 입체 영상관을 시작으로 360° 서클비전, 돔 스크린, 다면 영상관, 미디어 파사드 등 다

Received 24 October 2015, Revised 30 November 2015  
Accepted 20 December 2015  
Corresponding Author: Gui-Jung Kim  
(Department of Biomedical Engineering, Konyang Univ.)  
Email: gjkim@konyang.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

양한 형태로 진화하고 있다. 이러한 영상관들은 스크린의 특성상 여러 대의 프로젝터를 이어 붙여 사용하는 예지 블렌딩(edge blending) 기술을 활용하여 구축하게 되는데, 이와 같은 경우 높은 비용이 발생하는 초기 설치 후에도 프로젝터 영상 열화 현상과 렌즈의 화이트 밸런스, 색감 등의 문제로 끊임없는 유지 보수 이슈가 발생하고 있다. 특수영상관 캘리브레이션 시스템 기술은 테마파크/홍보관/과학관 등의 다면 영상시스템에서 발생하는 영상 열화 현상을 효율적으로 대비하고 개선할 수 있는 시스템이며 특수영상관의 효과적인 운영을 마련할 수 있는 핵심기술 및 원천기술이다. 또한 다면 영상시스템의 초기 설치 후 매년 끊임없이 발생하는 영상관의 품질과 유지보수 문제점을 해결함으로써 사회적 손실을 최소화할 수 있는 지능화된 기술이 필요하다[1,2,3,4]. 따라서 다면 영상관과 같은 특수영상관은 초기 설치 시에 설치비용이 과도할 뿐만 아니라 유지보수 비용도 많은 비용이 추가적으로 필요하기 때문에 제한한 특수영상관 캘리브레이션 시스템 기술은 이러한 유지보수 비용을 줄임으로써 특수영상관의 효과적인 운영이 가능해 질 수 있다.

## 2. 관련연구

### 2.1 국내외 기술현황

본 연구가 추구하는 분야는 다면영상, 타일 디스플레이(tiled display), 멀티 프로젝션 디스플레이 또는 파노라마 영상 등 그 구성과 운용 방식, 목적 등에 따라 다양한 용어로 지칭하나, 근본적으로는 대형 스크린을 구사하는데 목적이 있으며, 근래에는 디스플레이의 형상과 배치가 다양해짐은 물론, 3D 영상의 활용 등 관람객의 만족도를 향상시키기 위해 단순히 직사각형이 아닌 복잡한 형태의 공간에 영상을 투사하는데 따른 시스템 운용 효율성은 물론 영상 품질 제어가 주요한 이슈로 대두되고 있다[5]. TTA[6]가 발간한 “고품질 파노라마 영상 기술보고서(2014.11)”에서 동 분야의 수요가 증가하는 추세에도 불구하고 영상 획득, 생성 및 재생과 관련한 표준이 존재하지 않으며, 소수의 국내외 연구기관에서만 기술개발을 진행하고 있는 상황을 지적하고 있다. 특히 현업의 상황을 살펴보면, 주요 영상 구현 장치인 프로젝터와 그 운용 시스템인 Show Control Software System은 국산화가

거의 이루어지지 않았고, 이로 인해 대부분 외산 솔루션에 의존하고 있다.

동 분야의 고품질 콘텐츠 생산 및 유통, 운용 및 그에 따른 효율성 제고를 위해 국산화가 시급하다 할 수 있으며, 단계적인 기술 내재화를 위해서는 오랜 시간의 연구개발을 요하는 영상 장비 및 대규모 전시를 제어하기 위한 소프트웨어의 개발 이전에 운용단계의 현장 경험을 체계화하여 생산성 제고 및 관람자의 만족도를 높일 수 있는 영상 제어 기술의 개발이 시급하다 할 수 있다. 이런 Show Control 시스템은 Watchout 등 해외 솔루션이 국내외 시장을 주도하는 상황이나, 프로젝터를 이용한 대형 스크린의 구현 및 응용과 관련한 요소 기술에 대해서는 국내에서도 지속적으로 연구개발이 이루어지고 있다.

### 2.2 영상 분석 및 보정

영상 분석 및 보정을 위해서는 비교평가의 기준이 되는 영상, 즉 표준 영상을 설정할 필요가 있으며, 접근 방법과 운용 환경에 따라 다양한 형태의 표준 영상이 제시된다. 밝기 보정을 위한 IFT(Intensity Transfer Function)는 단계적으로 밝기 값을 달리하는 영상을 기준 값으로 활용하여 프로젝터의 비선형적 응답 특성을 분석하는데 이용하며, 색상 보정을 위한 Color Correction의 일반적인 기준 영상은 강도를 달리하는 R, G, B 플레인별 영상을 이용하는 것과 유사하게 아래 소개할 국내의 연구 또한 이러한 기준 영상을 투사하고 이를 별도의 카메라로 캡처하여 투사 환경에서의 밝기 및 색상 보정을 수행하는 접근방식을 취하고 있다. 한편 조명 등의 주변광 등의 요인으로 인해 실사용 환경에서 백색 스크린이 아닌 표면에 영상을 투사해야 하는 경우에 대한 연구도 다수 이루어지고 있다[7,8].

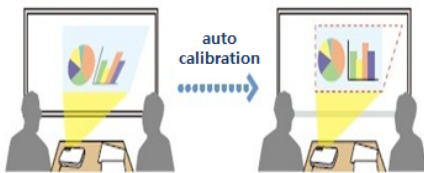
### 2.3 영상 분석 및 열화 모델링 기술

멀티 프로젝션 디스플레이와 같은 대형 스크린의 구현과 운용을 위한 초기의 연구로는 ETRI가 Fraunhofer IGD 및 (재)IGI와 국제공동연구로 진행한 다수의 PC로 구성된 클러스터와 다수의 프로젝터를 제어하기 위한 시스템 구축 관련 연구가 있으며, 이는 대형 공연장 등을 제어하기 위한 Show Control 시스템의 초기 형태로 볼 수 있음



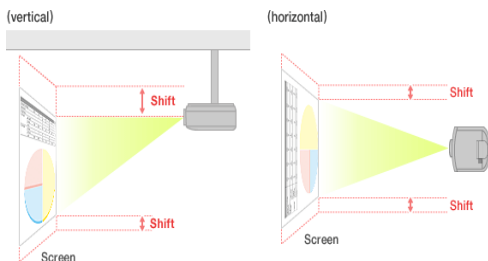
[Fig. 1] NCSA Tiled Display example

다면영상 구현에 있어 투사면 왜곡 문제는 가장 빈번하게 발생하는 문제로, 프로젝터가 스크린과 이루는 투사각에 따라 투사면이 사다리꼴로 나타나는 경우가 대표적이다. 이 방법으로는 투사 텍스처를 왜곡하여 수직 또는 수평보정을 수행하는 키스톤(keystone) 보정이 있는데, 이를 이용하여 이동형 디스플레이의 구현에 있어 관찰자의 이동에 따른 이동형 디스플레이의 투사 결과가 직사각형이 아닌 경우가 대부분임에 착안하여 고정된 대형 투사영상과 관찰자 시점의 이동 프로젝터 투사영상이 접하는 부분에서 자연스러운 연결을 달성하기 위한 연구를 수행한 바 있다[9,10,11].



[Fig. 2] Keystone calibration example

국내 산업계에서도 이와 관련하여 연구개발이 이루어지고 있으며, 근래 미니 프로젝터 국산화를 통해 시장에서 좋은 반응을 얻고 있는 LG전자 또한 이미 2002년에 LCD 프로젝터에서의 키스톤 보정 관련 특허를 출원한 바 있다.



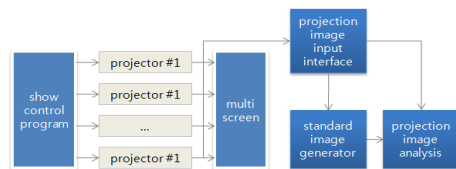
[Fig. 3] lenses shift calibration example

유사한 문제로, 프로젝터 설치 위치로 인해 투사면이 스크린을 벗어나는 경우에 대해 물리적으로 프로젝터의 대물렌즈를 스크린방향으로 돌리는 방법인 렌즈시프트(lens-shift)방식 또한 삼성전자와 LG전자 등 산업계 주도로 관련 특허를 출원하는 등 관련 연구가 이루어지고 있으며, 기존의 이러한 접근 방법이 대형 스크린 등 고정된 디스플레이와 관찰자의 시선이 디스플레이의 정면을 바라본다는 가정을 하고 있어 사용자의 동작 범위나 자세가 제한적이므로, 이를 해결하기 위하여 관찰자의 시선과 일치하는 가상 카메라 개념을 도입, 프로젝터의 이동을 배제하면서 투사 영상의 크기, 위치, 회전의 자유로운 제어가 가능한 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 연구도 이루어지고 있다.

### 3. 360° 프로젝션 영상 분석

#### 3.1 영상 분석 방법

본 연구는 테마파크/홍보관/과학관 등의 다면 영상시스템에서 초기 설치 후 시간이 경과함에 따라 발생하는 영상의 열화 현상으로 영상관의 품질과 유지보수의 어려움을 해결하기 위해 10비트 High-depth 및 고해상도 360° 프로젝션 영상 분석 기술을 개발함으로써 경제적 손실을 최소화하고, 영상의 품질을 효율적으로 지원할 수 있는 특수영상관 캘리브레이션 시스템 개발을 위한 360° 프로젝션 영상분석 방법을 제안하였다.



[Fig. 4] 10-bit High-depth and high-resolution 360° projection video input interface, and image analysis techniques

초기 다면 영상관 시스템 설치 시 영상 캘리브레이션을 위해 다면 영상의 각 프로젝터의 밝기 및 색상 표준영상 생성 기술을 이용하며, 각 프로젝터의 밝기열화 및 색열화의 정도를 분석하여 영상의 열화 정도를 측정하기 위한 10비트 High-depth 및 고해상도 360° 프로젝션 영

상 분석이 중요하다. [Fig. 4]는 10비트 High-depth 및 고해상도 360° 프로젝션 영상 입력 인터페이스를 통한 표준영상 생성과 이를 이용한 영상 분석 기술 개념도를 보여주고 있다.

주요기능으로는 정성적 보정결과 데이터 및 경험적 보정결과 데이터 저장 및 관리 기능, 비정형 빔프로젝터 환경 데이터 저장 기능, 저장된 비정형 데이터(메타 포함) 관리 기능, 구축된 비정형 분석데이터 모델 관리 기능, 저장된 비정형 데이터(메타 포함) 및 분석 데이터 인출을 위한 인터페이스 기능, 저장된 분석 데이터를 기반으로 한 빅 데이터 사후 분석(Post Analysis) 기능이 필요하다. 영상분석 기술의 적용범위는 다면 프로젝션 영상에 대한 빔프로젝터의 환경 요인에 대한 데이터를 활용하여 빔프로젝터로 구현되는 시스템에서의 열화 종류 및 레벨에 대한 통계자료로 활용 가능하며, 통계적 데이터를 기반으로 다면 영상관 설계 시 효과적인 영상관을 구축하기 위한 기반으로 활용될 것으로 기대된다.

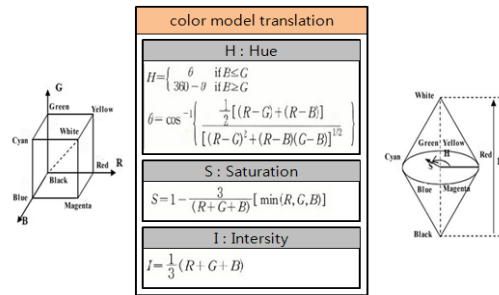
3.2 영상 분석 및 열화 모델링 기술

다면 영상관의 프로젝터 및 스크린 설비를 바탕으로 초기 설치 및 운용 중 영상 품질 관리를 위해 다양한 스크린 형태를 고려한 투사 영상 기반 품질 측정 및 열화 보정 처리를 자동화하기 위한 기술 개발이 필요하다. 이를 위해 다면영상 열화 분석을 위한 기준 데이터로서 360° 프로젝션 영상에 대한 관찰자 관점 영상 획득을 위한 장치 및 처리 기술이 필요하며 세부기술은 영상 입력 장치 제어를 위한 10비트 high-depth SDI 인터페이스 기술, 원 영상 및 투사영상간 매칭을 위한 메타데이터 정의 및 관리 기술, 투사영상 획득 시 프로젝터와 스크린, 영상 입력장치의 투사율 및 조광 조건에 따른 깜빡임(flicker effect) 발생하여 이로 인한 영상 분석 오류 발생하므로, 다면 프로젝션 입력 영상의 영상 플리커(flicker) 제거 알고리즘 등의 기술이 필요하다. 이는 단계적으로 스크린과 프로젝터 간 1:1 투사 조건 하에서의 노이즈 제거 기술 개발 후 1:3 투사 조건 하에서의 프로젝션 영상 중첩에 따른 플리커 노이즈 제거 기술이 필요하다.

3.2 열화 수준 측정

영상 캘리브레이션을 위해 열화 수준 측정을 위한 비교평가 기준으로서 표준영상이 필요하며, 운용환경을 고

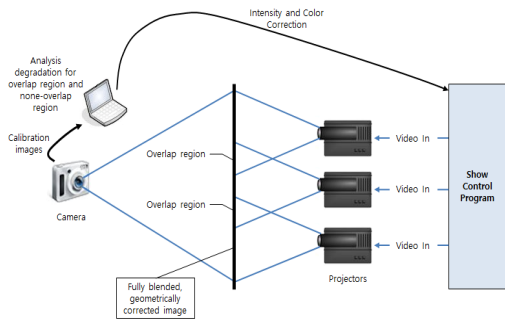
려한 동 표준영상을 생성하여 프로젝션 영상의 색상 열화 측정을 위한 컬러모델(RGB/HSI)기반 표준영상 및 밝기 열화를 위한 백색 표준영상에 대한 모델링이 필요하다. 그 변환과정은 [Fig. 5]에서 보여주고 있다. 또한 다면 프로젝션에 대한 투사 영상 기반 표준영상 데이터 분석 및 운용환경 정보 관리 기술과 다면 영상관 초기 설치 시 빔프로젝터 기반의 표준영상 기반 다면 프로젝션 영상 캘리브레이션 기술을 이용하면 된다.



[Fig. 5] Converting the RGB to the HSI color model

이를 위해 10비트 High-depth 영상입력 장치를 이용한 고해상도 360° 프로젝션 영상 획득 후 이를 분석하기 위한 기술이 필요하다. 이를 위해 프로젝션 영상 기반 색 열화 및 밝기열화 분류를 위한 체계를 수립하고, 다면 프로젝션 영상의 컬러모델(RGB/HSI)별 색열화 및 밝기열화 측정을 하며 분류체계 기반 다면 프로젝션 영상의 색 열화 및 밝기열화 자동 분석을 해야 한다.

다면 영상 열화의 보정 방법은 프로젝터에 입력되는 소스 데이터에 대한 처리와 프로젝터의 투사 시점에서의 조작으로 가능하며, 프로젝터의 투사 시점에 투사환경 제어를 위해서는 특히 자동화를 위해서는 프로젝터의 원격 제어가 필요하므로, 네트워크 연동 가능한 데이터 프로젝터에 대한 환경 제어를 추가해야한다. 이를 위해서는 TCP/IP 프로토콜 등 네트워크 연동 기반 빔프로젝터 하드웨어 제어를 위한 S/W 인터페이스와 프로젝터 상태 정보 쿼리를 위한 S/W 인터페이스가 필요하다. 또한 영상 출력, 즉 스크린 투사 시점에서의 영상 캘리브레이션을 위한 프로젝터 자동 제어 기술과 전시관 제어 시스템의 관리자 또는 운영자의 수동 조작에 의한 보정 수행에 필요한 사용자 친화적 UI 시스템이 있어야 한다.



[Fig. 6] Degradation data analysis examples for overlapping / non-overlapping area

다면 프로젝션 영상 기반 측정된 열화 정보 획득 및 분석을 위해 [Fig. 6]은 측정된 열화 정보를 획득하고 이를 분석하여 적용하고자 하는 열화의 정도와 종류를 결정하며 중첩/비중첩 영역에 대한 열화 정보 분석방법을 보여주고 있다. 이처럼 다면 영상관의 전시 환경 제어를 위해 사용하는 Show Control 솔루션을 이용한 영상 제어가 가능할 것으로 판단되며 이를 위해 시스템의 S/W 플러그인 형식의 색상 및 밝기 보정을 해야 한다. 그러면 측정된 360° 다면 프로젝션 영상으로부터 열화 정보 획득 및 분석이 가능하다.

이러한 영상분석 기술을 바탕으로 전시관 운용 및 관리정보 확보는 물론, 다양하고 복잡한 전시관 구성 및 운용체계, 관람객 이용 형태 등 다양한 정보를 바탕으로 장비 도입 및 노후 예측, 장비 노후에 따른 영상 열화에 따른 유지 보수 전략 수립 등 고수준 정보 추출 및 분석을 위한 데이터베이스 구축 및 확장이 필요하며 이를 위해서는 다면 영상관 환경 데이터 및 메타데이터 등 비정형 데이터를 위한 관리 플랫폼 설계와 영상 열화 분석 및 보정 관련 상세 정보와 이력을 포함하는 비정형 데이터베이스 설계, 그리고 저장된 데이터 및 메타데이터 저장/인출을 위한 인터페이스 기술이 필요하다.

#### 4. 평가항목 및 방법

본 연구에서는 캘리브레이션 시스템을 위한 360° 프로젝션 영상 분석을 위해 고해상도 360° 프로젝션 영상 분석 방법을 제안하였다. 이러한 방법에 대한 평가항목은

<Table 1>에서처럼 각 항목에서는 플리커 노이즈제거, 표준영상, 캘리브레이션 정확률, 영상색 열화 및 밝기 등으로 평가항목을 제시하였으며 각 항목별 평가 방법을 기술하였다. 제안된 영상분석방법을 통하여 실험결과가 목표치에 근사하게 나타났을 경우 분석 기술은 우수하다고 판단할 수 있다[12,13,14,15].

<Table 1> Evaluation items and methods

Item	Evaluation	목표
Rejection Rate of images flicker	Verification of SNR to noise removal in the context of a multi-projection video	80
# of standard image model	determine the feasibility and suitability of the modeling through expert heuristic validation	8
accuracy rate of image calibration	accuracy validation by the difference in color and brightness between each projection images about the calibration result of multi images and standard image	90
Image color degradation level	analysis the deterioration level on the possible colors in the projection image through expert heuristic validation	5
image brightness deterioration level	analysis the deterioration level on the possible brightness in the projection image through expert heuristic validation	8
error rate of image degradation measurement	error rate validation by degradation image based multi-images between the deterioration level	5
success rate of beam projector auto control	success rate of calibration control for calibration of multi projection images	95
DB response rate	measure response time between DB interface and UI interface. measure Ack of the message after data	<1
UI response rate	measure display response time in UI interface	3

#### 5. 결론

본 논문은 테마파크, 홍보관, 과학관 등의 다면 영상시스템에서 초기 설치 시 빔 프로젝터들간의 하드웨어적 특성 및 설치 후 시간이 경과함에 따라 발생하는 영상의 열화 현상이 발생한다. 본 연구에서는 영상관의 품질과 유지보수의 어려움을 해결하기 위해 10비트 High-depth 및 고해상도 360° 프로젝션 영상 분석 기술을 연구하였다. 영상분석을 위해서는 10비트 High-depth 영상입력장치를 이용한 고해상도 360° 프로젝션 영상 획득 후 이를 분석하기 위한 기술이 필요하다. 이를 위해 프로젝션 영상 기반 색열화 및 밝기열화 분류를 위한 체계를 수립하였고, 다면 프로젝션 영상의 컬러모델(RGB/HSI)별 색열화 및 밝기열화 측정을 하며 분류체계 기반 다면 프로젝션 영상의 색열화 및 밝기열화 자동 분석을 해야 한다.

본 연구의 목적은 경제적 손실을 최소화하고, 영상의 품질을 효율적으로 지원할 수 있는 특수영상관 캘리브레이션 시스템 개발을 목표로 한다. 이를 위해 캘리브레이션 시스템의 핵심인 영상 분석 기술 방법을 제안하였고, 영상 분석 기술에 대한 세부 기능과 평가방법 등을 설명하였다. 평가방법은 평가 항목별로 제시하였고, 실험 방법과 목표치에 대한 타당한 목표 값을 제시하였다.

## REFERENCES

[1] P. E. Debevec and J. Malik, "Recovering high dynamic range radiance maps from photographs," In proc. of SIGGRAPH, vol.31, pp.369-378, Jul. 1997.

[2] Aditi Majumder, "Achieving color uniformity across multi-projector displays," In proc. of OEEE Visualization, pp.117-124, Oct. 2000.

[3] M. Tsukada and T. Tajima, "Projector color reproduction adapted to the colored wall projector," CGIV 2004, pp. 449-453, 2004.

[4] Nayar, Shree K., et al. "A projection system with radiometric compensation for screen imperfections." ICCV workshop on projector-camera systems (PROCAMS). Vol. 3. 2003.

[5] G. Wallace, H. Chen, and K. Li, "Color gamut matching for tiled display walls," In proc. of Immersive Projection Technology Symposium, pp.293-302, May 2003.

[6] Telecommunication Technology Association(TTA), TTAR-07.0015, "High-quality panoramic imaging technology report", November 21, 2014.

[7] D. Ch Kim, T. Hyung Lee, Y. Ho Ha, "Color correction method of the image projected on the screen with camera", The Institute of Electronics and Information and Engineers, Vol 48, SP, No.1, pp.16-22, Jan., 2011.

[8] K. J Kim, J. S Jo, "A study on the adaptive color correction for a portable projector", Conference on The Institute of Electronics and Information and Engineers, Vol 32, No. 2, pp.359-360, 2009년.

[9] LG Electronics, "Keystone correction apparatus and method of the LCD Projector", 2002, Patent, No.

020020003335.

[10] Samsung Electronics, "The projection lens of the projector shift adjustment device", 2003, Patent, No. 1020030085137.

[11] LG Electronics., "Video projector calibration and image correction method", 2008, Patent, No. 1020080088006.

[12] ITU-T FG IPTV-DOC-0187, "Performance Monitoring for IPTV", 2007. 12.

[13] ITU-T P.910, "SERIES P: TELEPHONE TRANSMISSION QUALITY, TELEPHONE INSTALLATIONS, LOCAL LINE NETWORKS", 1999. 9.

[14] ITU-R BT.500-11, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures"

[15] ITU-T J.247, "Objective perceptual multimedia video quality measurement in the presence of a full reference", 2008. 8.

### 한 정 수(Han, Jung Soo)



- 1990년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학석사)
- 2000년 8월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

- 관심분야 : Image Processing, 3D 모델링, 3D Printing
- E-Mail : jshan@bu.ac.kr

### 김 귀 정(Kim, Gui Jung)



- 1994년 2월 : 한남대학교 전자계산 공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 한남대학교 전자계산 공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 건양대학교 의공학과 교수

- 관심분야 : CRM, 의공학, 3D Printing
- E-Mail : gjkim@konyang.ac.kr