

## 헤일레이션 방지 디스크를 이용한 소형 카메라 이미지 화질개선 연구

김태규<sup>1</sup>, 송인호 · 한찬호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 방송영상학과, <sup>2</sup>경북대학교 전기전자공학부

### Research for Image Enhancement using Anti-halation Disk for Compact Camera Module

Tae-Kyu Kim<sup>1</sup>, In-Ho Song · Chan-Ho Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kangwon National University, <sup>2</sup>Kyungpook National University

**요 약** 본 논문에서는 소형 카메라 모듈의 화질을 분석하는 시스템을 제안하고 이를 이용하여 렌즈의 성능을 평가하며, 플레어 및 헤일레이션 방지 디스크를 삽입하여 렌즈의 성능이 개선되는 효과를 검증한다. 카메라 모듈의 화질을 평가하는 카메라 모듈 화질검증 시스템과 이미지 신호 처리기(Image Signal Processor, ISP) 내부의 레지스터를 제어하는 카메라 모듈 제어 프로그램 및 화질분석 소프트웨어를 개발한다. 제안된 헤일레이션 방지 디스크를 삽입된 카메라 모듈의 화질을 기존 카메라 모듈의 화질과 비교평가에서 획득된 영상의 해상도, 밝기, 색재현 등의 성능을 검증한다.

• 주제어: 소형 카메라 모듈, 이미지 신호 처리기, 헤일레이션 방지 디스크, 화질검증, 화질개선

**Abstract** In this paper, we propose an image quality evaluation system for compact camera module and assess the effect of optical performance improvement for proposed anti-halation disk in small lens. We develop a image quality evaluation system for quality estimation of camera module image. And we also develop a program to control register in image signal processor. Finally the resolution, brightness, and color reproduction performances were evaluated image quality comparison between conventional and proposed camera module using developed quality evaluation system and ISP register control program.

• Key Words: Compact Camera Module, Image Signal Processor(ISP), Anti-halation Disk, Image Quality Evaluation, Image Enhancement

Received 3 February 2016, Revised 10 March 2016, Accepted 25 March 2016

\* Corresponding Author Chan-Ho Han, Dept. of Broadcasting Media Engineering, Kanwon National University, 346, Joongang-ro, Samcheok-si, Kangwon-do, Korea. E-mail: chhan@kangwon.ac.kr

## I. 서론

스마트폰의 보급 확대와 더불어 소형 카메라 모듈은 화소수 및 화질 면에서 디지털 카메라 시장을 위협할 정도로 급격한 발전을 보이고 있으며, 고해상도 디지털 카메라 기능의 소형 카메라 모듈은 현재 스마트폰 부품 시장의 절대적인 수요를 창출하고 있다.

2000년 7월 세계 최초, 국내 최초 카메라 폰으로 알려진 삼성 애니콜 단말기가 출시된 이후 최근까지 휴대폰에 탑재되는 카메라의 사양은 계속해서 화소수 면에서 급격히 발전하고 있다. 카메라 폰 초기 모델만 하더라도 휴대폰으로 35만 화소에 20장이나 촬영이 가능하였으나 2003년 하반기에는 백만 화소급 카메라 폰의 최초 출시되었으며, 스마트폰의 보급이 본격적으로 확산되기 시작한 2010년 이후 카메라 폰의 화소 경쟁은 본격화되었다[1]. 통신기술이 2G에서 3G로 급속히 발달함에 따라 사진이나 동영상 등 큰 용량의 데이터를 비교적 쉽게 송수신 할 수 있게 되면서 당시 고화소로 여겨진 500만 화소 카메라를 적용한 스마트폰이 출시되었으며, 스마트폰들 중 듀얼코어 이상의 제품들은 주로 500~1,600만 화소급 카메라를 내장하고 있다. 특히 삼성전자는 2015년 갤럭시 S6에 1,600만 화소, F1.9 조리개 값의 밝아진 렌즈, 트래킹 자동초점(Auto Focus, AF), 광학식 손떨림 보정(Optical Image Stabilization, OIS), 자동실시간 High Daynamic Range(HDR) 기능 등이 탑재된 카메라 모듈을 사용한다[2].

한편, 휴대폰 카메라 모듈 공정 기술과 개발력, 축적된 노하우를 바탕으로 향후 비모바일 분야인 TV, 냉장고, 에어컨, 청소기 등의 가전제품, 자동차, 감시 카메라, 의료기비용 카메라 등 적용 가능한 분야가 많이 있다. 자동차 전장화와 스마트카 확산에 따라 자동차의 ‘눈’ 역할을 해줄 수 있는 카메라가 필수로 적용될 부분이기 때문이다. 특히 미국은 2016년부터 단계적으로 신차에 후방카메라 장착이 의무화 될 예정으로 내년부터 후방카메라 탑재율이 빠르게 증가할 것으로 전망된다[3].

화소가 높을수록 이미지 표현력도 그만큼 향상되는 효과가 있다. 그러나 무작정 화소만 높인다고 화질이 좋아지는 것은 아니다. 작은 이미지 센서에 많은 화소를 넣을수록, 노이즈 문제도 심해진다[4]. 최

근 카메라의 노이즈를 획기적으로 줄인 이면 조사식 센서 기술이 발달하면서, 전보다 더욱 많은 화소를 무리 없이 넣을 수 있게 되었다[5]. 하지만 카메라의 화질은 화소나 이미지 센서만으로 결정되지 않는다. 렌즈의 성능도 중요하고, 촬영한 이미지를 처리하는 이미지 프로세싱(Image Processing) 기술도 중요하다. 스마트폰 내장 카메라 화소가 1천600만 화소로 디지털카메라에 근접했지만, 렌즈의 성능 격차는 여전히 줄이지 못하고 있다. 렌즈 줌 기능이 없으므로 따로 크롭(crop)하거나 화질이 떨어지는 디지털 줌을 사용해야 하며, 카메라보다 렌즈에 손이 더 많이 닿기 때문에 지문 등으로 렌즈가 오염되기도 한다. 또한 사진 촬영 후 이미지 프로세싱 과정에서 사진 화질이 떨어지는 경우도 있다. 사용자들에 따르면 촬영한 사진이 거칠고 노이즈가 많다는 평이 중론이며 이 문제는 여전히 현재 진행형이다

본 논문에서는 소형 카메라 모듈의 화질을 분석하는 시스템을 개발하고 이를 이용하여 렌즈의 성능을 평가하며, 헤일레이션 방지 디스크를 삽입하여 렌즈의 성능이 개선되는 효과를 검증한다.

카메라 모듈 화질검증 시스템은 카메라 모듈 전체를 평가하는 시스템으로 테스트 차트와 라이트박스, Frame Grabber, 컴퓨터, 카메라 모듈 제어 및 화질 분석 소프트웨어로 구성한다. 헤일레이션 방지 디스크의 제작 및 카메라 모듈 제작은 업체의 도움을 받아 진행하며, 카메라 모듈 제어 프로그램 및 화질분석 소프트웨어는 MFC 환경의 비주얼 C++을 이용하여 개발한다.

카메라 모듈 제어 프로그램은 이미지 신호 처리기(Image Signal Processor, ISP) 내부의 레지스터를 제어함으로써 카메라의 기능을 제어하며, 카메라 모듈 제어에 따라 획득된 영상은 Frame Grabber를 사용하여 컴퓨터로 캡처된다. 화질분석 소프트웨어는 획득된 영상의 해상도, 밝기, 색재현 등의 성능을 평가한다.

끝으로, 제안한 헤일레이션 방지 디스크를 삽입된 카메라 모듈의 화질을 기존 카메라 모듈의 화질과 비교평가를 수행한다.

## II. 소형 카메라 모듈의 화질보정

### 2.1 소형 카메라 모듈

소형 카메라모듈은 렌즈모듈, 자동초점 조절장치 (Auto Focus Actuator), IR필터, CMOS이미지센서, 이미지 신호 처리기(Image Signal Processor), FPCB (Flexible PCB) 등으로 다음 그림 1과 같이 구성된다.

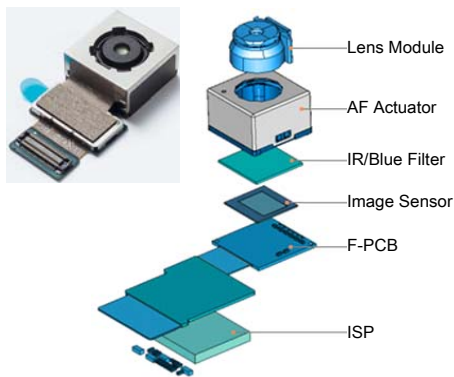


Fig. 1. The structure of compact camera module

소형 카메라 모듈은 1000만 화소 이상의 고화소로 빠르게 진화하면서 디지털 카메라의 성능과 비슷한 수준까지 향상되었다. 또한 화소수의 증가뿐만 아니라 자동초점(Auto focus), 손떨림 방지(OIS) 등의 새로운 기능이 추가되었으며, 특히 고화소급 카메라 모듈일수록 들어가는 렌즈, 모터 등에 고도의 설계 기술이 요구된다.

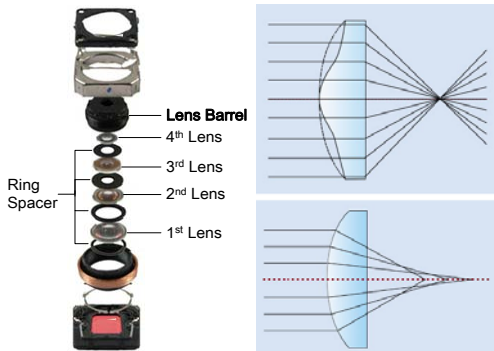


Fig. 2. The lens structure of compact camera module

소형 카메라용 렌즈는 카메라 모듈을 구성하는 부

품으로써 일반적으로 단품 렌즈가 아닌 경통에 각각의 특성을 가진 그림 2와 같이 몇 장의 렌즈가 조립된 모듈 형태이다. 소형 카메라의 렌즈는 곡률반경이 일정한 구면 렌즈와 주변부로 갈수록 곡률반경이 늘어나는 비구면 렌즈로 구분된다.

렌즈의 중심부와 주변부에서 맺는 초점의 위치가 달라지는 구면수차(초점오류)를 극복하기 위해 구면 렌즈를 여러 장 사용할 수 있으나 비구면 렌즈가 적은 수의 렌즈로도 구면수차 극복이 가능하고 초점의 흐려짐과 색 분산이 적으며 주변부의 시야 흐림이 없기 때문에 비구면 렌즈가 더 많이 쓰인다.

### 렌즈 수차

렌즈가 곡면 이고 재질이 유리이며 렌즈에 들어간 빛은 파장에 따라 굴절되는 정도가 다르기 때문에 정확하게 집속 되지 않아 초점면 한 점에 정확하게 모이지 못하고 서로 어긋난다. 이와 같이 상을 맺을 때 한 점에서 나온 빛이 광학계를 통한 다음 한 점에 모이지 않아 영상이 빗갈이 있어 보이거나 일그러지는 현상이 나타나는 것을 수차(aberrations)라고 말한다. 이러한 수차들이 여러 가지 원인에 의해 발생하며 이를 크게 나누면 자이텔 수차(Seidel's aberrations)와 색 수차(chromatic aberrations)가 있다. 이들 수차의 발생 정도에 따라 렌즈의 품질이 평가된다.

렌즈는 재질에 따라 유리(glass)와 플라스틱(plastic) 렌즈로 나뉜다. 유리렌즈는 강도와 선명도가 좋으나 더 얇고 가벼운 플라스틱 렌즈가 소형 카메라에 주로 사용된다.

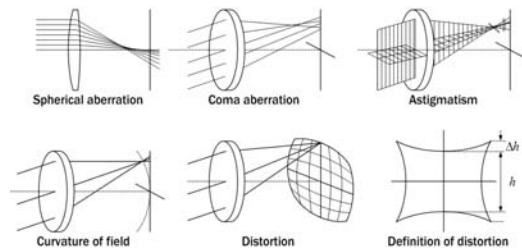


Fig. 3. Aberrations of camera lens

렌즈모듈의 렌즈 수량은 화소별로 다르나 일반적으로 500만 화소 4개, 800만 화소 4~5개, 1300만 화소 5개, 1600만 화소 6개의 렌즈로 모듈을 구성하

며 화소수가 올라갈수록 렌즈 갯수를 증가시켜 구면 수차를 개선한다.

## 2.2 소형 카메라 렌즈 모듈의 화질보정

### 쉐이딩 보정

쉐이딩(shading) 현상은 광학계 및 촬상 소자의 불균일한 광 전달 및 반응 특성에 의한 것으로서, 특히, 광학계의 경우, 가장자리 쪽으로 갈수록 광 전달 특성이 떨어진다. 쉐이딩 현상은 포물형 전압을 이용하여 보정한다. 이러한 쉐이딩 보정은 가장자리의 노이즈를 증가시킬 수 있다.

### 플레어 보정

플레어 현상은 광학계에서 빛이 분산되어 나타나는 현상으로서 블랙 레벨을 상승시킨다. 전체 분산 광량을 측정하기 위해 적분기를 사용하고, 이의 출력 전압으로써 블랙 레벨을 감소시킨다.

### 윤곽 보정

이미지 센서에서 유한한 크기의 광다이오드 크기로 인하여 해상력이 저하된다. 이는 상의 윤곽을 흐리게 하므로 50 IRE 정도의 크리스퍼닝 레벨(crispening level)을 넘는 신호의 수평 및 수직 윤곽에 스파이크 파형을 삽입시켜 신호에 프리샷(pre-shoot) 및 오버샷(over-shoot)을 형성시킨다. 윤곽보정(contour/detail/aperture correction, image enhancement) 신호에는 낮은 진폭의 잡음도 포함되는 데, 이 잡음을 제외시킬 수 있는 레벨을 크리스퍼닝 레벨이라 부른다.

## III. 제안방법

### 3.1 소형 카메라 모듈의 화질분석 시스템

소형 카메라 모듈의 화질분석을 위해 그림 4와 같은 화질분석 시스템을 구성한다. 이는 표준광원 하에서 테스트 차트를 CMOS 이미지 센서 및 컨트롤러로 촬영하여 분석한 다음, 최적의 화질이 되도록 제어 프로그램을 통해 이미지 처리 프로세서(ISP)를 조정한다.

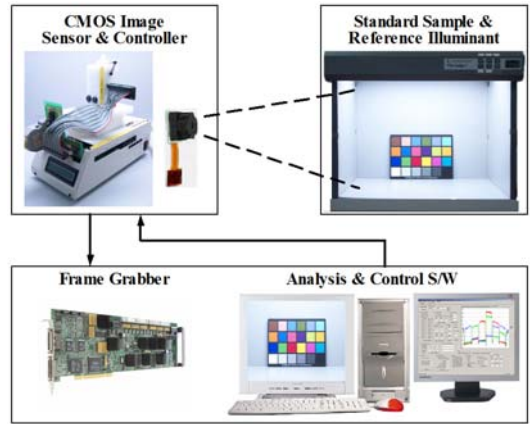


Fig. 4. Image quality analyzer of compact camera module

소형 카메라 모듈에서 실시간 처리된 영상은 Frame Grabber를 통해 획득하여 표준모니터로 관측한다. 이 시스템을 이용하여 소형 카메라 모듈의 특성을 분석하고, 해상력 및 색재현성 등을 향상시킬 수 있다.

소형 카메라 모듈의 실시간 영상분석 및 제어를 위하여 이미지 처리 프로세서(ISP)의 모든 레지스터 값을 제어하고, 조정된 레지스터 값에 의해 개선된 영상을 분석하기 위한 제어 프로그램을 구현한다. 구현된 소프트웨어는 그림 5와 같다. 이 제어 프로그램은 visual C++을 이용하여 MFC 윈도우 환경으로 구현 하고, 이미지 센서에서 조정이 가능한 모든 레지스터 값을 바꿀 수가 있는 제어부와 조정된 값이 적용 되어 얻어진 영상을 실시간으로 관찰하고, 획득된 영상의 특정 라인의 R, G, 및 B 또는 Y, Cb, 및 Cr의 값을 확인 할 수 있는 분석부로 구성된다.

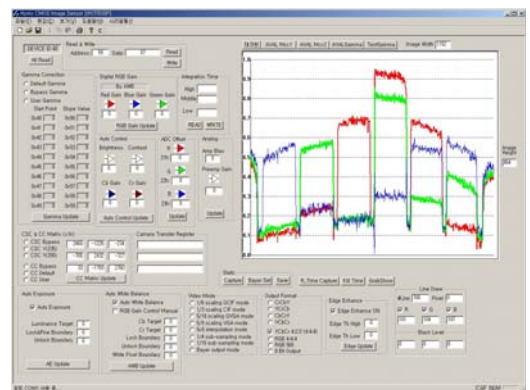


Fig. 5. ISP control program for compact camera module

### 3.2 소형 카메라 렌즈모듈의 헐레이션 개선

광학계나 이미지 센서 표면 등에서 빛의 산란 또는 확산되는 플레어(flare)에 의해 비디오 신호의 블랙 레벨이 상승한다. 소형 카메라 렌즈모듈의 보호 렌즈의 코팅 불량으로 인한 플레어 및 광학계에 의한 헐레이션(halation)의 발생하는 원리를 그림 6에 나타내었다.

소형 카메라 렌즈모듈의 무반사(anti-reflection) 코팅의 불량은 경통 내부 표면 반사에 의해서 카메라로 획득한 영상에서 콘트라스트(contrast), 해상도 및 색 농도의 저하를 가져오게 된다. 따라서 이러한 영향을 줄이기 위해서 그림 7와 같이 현 광학계의 렌즈와 경통 내부 표면에 무반사 코팅(anti-reflection coating) 과 반사되는 빛의 영향을 줄이기 위한 후드(hood)의 추가가 필요하다.

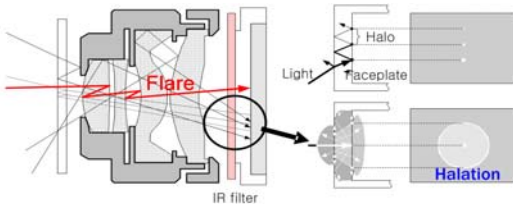


Fig. 6. Conventional lens module of compact camera

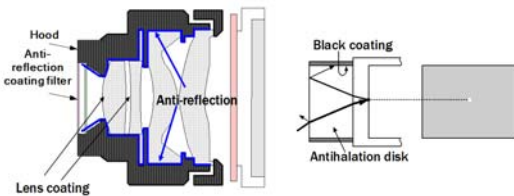


Fig. 7. Proposed lens module of compact camera

## IV. 실험 및 결과

제안된 헐레이션 개선 소형 카메라 모듈의 성능 분석 및 화질개선을 위하여 제안된 이미지 처리 프로세서(ISP) 제어 및 화질분석 프로그램을 사용하여 화질분석 시스템을 구성한다. 표준광원 하에서 다음 그림 8과 같은 그레이 스케일 차트 및 표준 해상도 차트를 사용하여 최적의 화질이 되도록 제어 프로그램을 통해 ISP를 조정하였다.

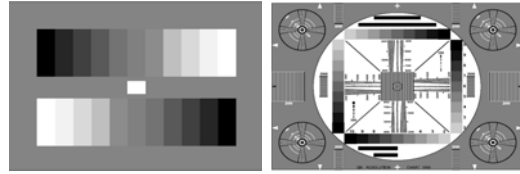


Fig. 8. Test Charts for evaluation of proposed compact camera module

제안된 헐레이션 방지 디스크를 삽입된 카메라 모듈의 화질을 기존 카메라 모듈의 화질과 비교평가를 수행하여 다음 그림 9에 보였다. 기존 소형 카메라 모듈 제어에서는 노출과다로 인하여 밝은 화이트 영역에서 과도한 화이트 클립(clip)이 나타났으나, 적절한 ISP 제어로 포화된 부분까지 계조를 잘 표현하게 되었다. 또한 해상도 테스트에서 기존 소형 카메라 모듈은 높은 해상도 영역에서 색(color)가 나타나는 문제가 있었으나, ISP 제어에 의해 색이 없어지면서 적절한 해상력 재현이 가능하게 되었다.

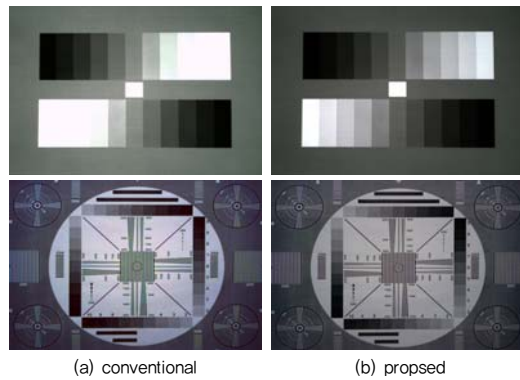


Fig. 9. The results of image enhancement of proposed compact camera module using test chart

이와 같이 테스트 차트를 사용하여 ISP 설정하면 소형 카메라 모듈에 대한 최적화질을 구현할 수 있다. 최적화질로 설정된 ISP를 이용하여 실제 촬영환경에서의 실험결과를 다음 그림 10에 나타내었다.

실내 환경에서의 실험에서 제안된 카메라 모듈은 형광등에 의한 플레어 및 헐레이션을 효과적으로 제거됨을 확인할 수 있다. 또한 실외 환경 실험에서 석양의 태양에 의한 플레어 및 헐레이션을 효과적으로 제거되어 구름의 입자를 확인할 수 있을 정도로 화질이 개선되었다.



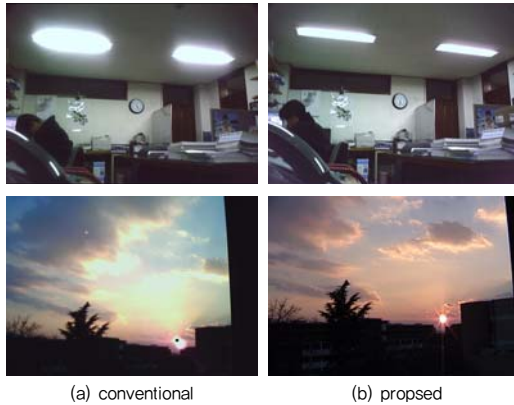


Fig. 10. The test results of image enhancement of proposed compact camera module at actual situation

### V. 결론

소형 카메라 모듈의 화질을 분석하는 시스템을 하고 이를 이용하여 렌즈의 성능을 평가하며, 플레어 및 헤일레이션 방지 디스크를 삽입하여 렌즈성능 개선 방법을 제안하고 제작하여 효과를 검증하였다.

카메라 모듈 화질검증 시스템은 카메라 모듈의 화질을 평가하는 시스템으로 테스트 차트와 라이트박스, Frame Grabber, 컴퓨터, 카메라 모듈 제어 및 화질분석 소프트웨어로 구성하였다. 카메라 모듈 제어 프로그램 및 화질분석 소프트웨어는 MFC 환경의 비주얼 C++을 이용하여 개발하였다.

헤일레이션 방지 디스크를 삽입된 카메라 모듈의 화질을 기존 카메라 모듈의 화질과 비교평가에서 제안 방법은 해상도 및 색재현 등의 성능을 효과적으로 개선할 수 있음이 실험영상을 통해 검증되었으며, 부가적으로 본 연구에서 개발된 화질검증 시스템은 소형 카메라 모듈의 최적화질 구현을 위한 ISP 설정을 가능하게 하는 장점이 확인되었다.

### Acknowledgments

2015년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구하였음(관리번호-201510116).

### REFERENCES

- [1] Lee, Hee-Man. "Implementing Augmented Reality By Using Face Detection, Recognition And Motion Tracking." Journal of the Korea Society of Computer and Information 17.1 (2012): 97-104.
- [2] Samsung Electronics, "Samsung Galaxy S6 & Galaxy S6 edge Product Specifications," Samsung Mobile Press, (2015).
- [3] 서재규, and 정호기. "자동차용 스테레오 비전 개발동향." 오토저널 36.8 (2014): 31-38.
- [4] Jonathan, E., and Martin Leahy. "Investigating a smartphone imaging unit for photoplethysmography." Physiological measurement 31.11 (2010): N79.
- [5] 안재우, et al. "스테레오 카메라를 이용한 증강현실 시스템." 2009년도 한국방송공학회 학술대회 (2009): 243-246.

### 저자소개

#### 김 태 규 (Tae-Kyu Kim)

2004년 부산외국어대학교 전자공학과(공학사)  
 2006년 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
 2008년 경북대학교 전자공학과(박사수료)  
 2011년 3월~현재 경북대학교 전자전기학부 초빙교수  
 ※관심분야: 영상처리, 멀티미디어, 음향공학

#### 송 인 호 (Jong-Sung Hong)

2003년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
 2005년 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
 2010년 경북대학교 전자공학과(공학박사)  
 2010년 3월~현재 경북대학교 전자전기학부 초빙교수  
 ※관심분야: 영상처리, 신호처리, 자동차공학

#### 한 찬 호 (Chan-Ho Han)

1990년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
 1992년 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
 2003년 경북대학교 전자공학과(공학박사)  
 1992년 1월~1997년 8월 하이닉스반도체 미디어연구소  
 2000년 3월~2002년 8월 경운대학교 멀티미디어학과  
 2004년 3월~2009년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
 2009년 2월~현재 강원대학교 방송영상학과 교수  
 ※관심분야: 디지털 신호처리, 디지털 방송, H/W&S/W

