

# 전자제어 편광필터를 활용한 인공지능 기반의 CCTV 용 화질 개선 장치

채림, 이규만  
건양대학교

[22682028@konyang.ac.kr](mailto:22682028@konyang.ac.kr), [kmlee@konyang.ac.kr](mailto:kmlee@konyang.ac.kr)

## A Study on the CCTV image quality improvement method using an electronically controlled polarizing filter based on AI

Chae Lim, Kyu Man Lee  
Konyang University

### 요 약

본 논문은 LCD 기반의 전자 필터가 구비된 지능형 CCTV 카메라를 포함하는 CCTV 용 화질 개선 장치에 관한 연구이다. 획득한 영상을 후처리 하여 화질 개선을 진행하는 것이 아닌 편광 필터의 방향, 빛의 각도와 투과율 조절 등을 인공지능 기술을 활용해서 최초 획득 시의 영상 화질을 개선하는 것을 목표로 한다. 이를 위해서는 영상 분석과 편광 필터를 연동하여 실시간으로 자동화된 전자적 제어가 가능한 장치가 요구되는데, 본 논문에서는 인공지능 기법을 활용하여 제시한 기능을 실현할 구체적인 하드웨어 구현 방안을 제안한다.

### I. 서 론

안전 및 범죄 예방을 위한 CCTV 시장은 매년 20% 이상 증가하고 있으며, 확보한 영상에 AI 기술을 적용하여 전문적 영상 분석이 가능한 지능형 CCTV 시장 또한 함께 성장하고 있다. 그러나, 외부에 설치되는 대부분의 CCTV 는 자연광의 난반사로 인한 화질 저하의 발생 가능성이 높아 인식하고자 하는 대상의 구분이 어렵고, 이로 인해 오탐율이 높은 문제점이 있다.

특히, 빛의 난반사로 인한 화질저하가 일어나면 인공지능 기술을 통한 후처리 과정을 거쳐도 개선되지 않는 경우가 발생하여 CCTV 를 통해 획득되는 영상의 화질 개선이 중요하게 요구되고 있는 상황이다. 본 논문에서는 이 같은 과제를 해결하기 위한 개발 방안을 탐색하고 분석하고자 한다.

### II. 본론

#### 1. 기존 편광 필터를 활용한 CCTV 방식

기존의 제안된 방안은 카메라로 입사하는 광의 투과 편광방향을 전기로 조절하여, 사용자가 원하는 편광 이미지를 생성하는 자동 편광 조절 장치 및 방법이다[1]. 편광 이미지를 바탕으로, 최대 픽셀 값 연산, 최소 픽셀 값 연산, 편광차 절대값 이미지 연산, 색상별 편광차 이미지 연산 중 선택된 어느 하나의 연산을 이용하여 생성된 이미지를 평가하는 것을 특징으로 한다. 하지만, 이러한 이미지의 평가는 촬영된 환경에 따라 평가 조건이 다양하게 변화하기 때문에 임계 기반의 획일적인 평가로는 최적의 영상을 획득하기 어려운 문제점이 있다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 다양한 각도 조절이 가능한 LCD 기반의 편광 필터를 구비한 지능형 CCTV 와 연동하여 최적의 영상 품질을 제공하는 인공지능 기반의 CCTV 용 화질 개선 방법을 제안한다.

#### 2. 제안하는 인공지능기술과 LCD 편광 필터를 활용한 화질개선 기법

##### 2.1 전체 시스템 구성도

LCD 를 활용한 인공지능 기반의 CCTV 용 화질 개선 장치는 그림 1 과 같이 지능형 CCTV 와 통신하기 위한 네트워크 접속부, 지능형 서버로 전송하는 영상 신호 송수신부, 수신된 영상을 인공지능 모델을 통해 영상의 화질을 분석하는 영상 분석부 및 분석된 영상을 기초로 하여 상기 전자 필터를 제어하는 필터 조정부로 이루어진다. 지능형 CCTV 카메라는 CCTV 카메라 및 편광을 위한 전자 필터로 동작되며, 투명전극, 액정 크리스탈 및 전압조절부를 포함하고, 전압 조절부를 통해 투명 전극에 가변 전압을 인가하여 상기 액정 크리스탈의 분자 배열이 변경되게 하는 것을 특징으로 한다.

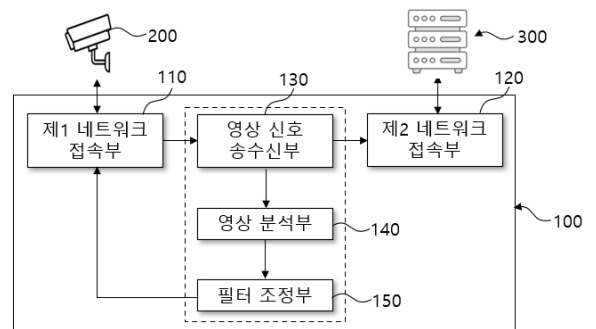


그림 1. 제안 전체 시스템 블록도

##### 2.2 전자필터가 부착된 지능형 CCTV

전자필터가 구비된 지능형 CCTV 는 영상을 촬영하는 동영상 카메라와 CCTV 용 화질 개선 장치로부터 제어되는 LCD 기반의 전자필터으로 이루어진다. 전자필터는 TN 방

식의 LCD 기관으로 이루어지고, LCD 의 각각의 화소의 전극에 전압을 인가하여 액정 크리스탈의 분자 배열을 조정할 수 있다. 액정 크리스탈의 경우 인가되는 전압의 크기에 따라 크리스탈의 배열을 다양하게 변경할 수 있다. 전압의 세기는 영상 분석부로부터 영상의 품질을 측정하여 소정의 임계 범위에 속하지 않을 경우 필터 조정부로 전자필터 내의 전압의 세기 변경을 요청한다.

액정 크리스탈의 경우 인가되는 전압의 크기에 따라 크리스탈의 배열을 다양하게 변경할 수 있다. 전압의 세기는 영상 분석부로부터 영상의 품질을 측정하여 소정의 임계 범위에 속하지 않을 경우 필터 조정부로 전자필터 내의 전압의 세기 변경을 요청한다. 하지만, 지능형 CCTV 와 통신 인터페이스로 연결될 경우 필터 조정부는 네트워크 접속부를 통해 가변할 전압 세기를 패킷 전송을 통한 프로토콜(MAC 레벨 이상)을 통해 요청할 수 있다.

높은 전압의 경우 전기장이 형성되어 분자들이 자기장 방향으로 정렬되고 이로 인해 빛의 투과율을 조정하여 영상의 밝기, 명암 및 색 재현력을 결정할 수 있다. 반대로, 전압이 낮거나 없는 경우에는 분자들이 자연스러운 상태로 돌아와 빛이 직선으로 통과하거나 편광필터에 의해 차단될 수 있다.

## 2.3 지능형 기반의 영상 품질평가를 통한 전자필터 제어

전체 시스템 블록도에서 영상 분석부는 지능형 CCTV 로부터 입력되는 영상의 해상도, 정규화 과정 및 XYZ 또는 YUV 로의 색상을 변환하는 전처리부, 입력 영상의 특징(블러링, 노이즈, 색상 왜곡 등)을 추출하기 위해 여러 개의 컨볼루션층 ReLU 활성화 함수를 사용한다.

다운 샘플링을 통해 계산량을 줄이고, 공간적 불변성을 확보하기 위한 특징추출부 및 전연결층으로 구성되어 추출된 특징을 기반으로 영상의 품질을 평가하게 된다. 다층 퍼셉트론으로 이루어지는 품질평가 네트워크를 포함하고, 최종적으로 입력영상의 품질(영상의 선명도, 색상, 노이즈 등)을 평가하는 품질점수를 출력한다[2].

또한, 학습단계에서는 주관적 품질 평가 데이터 셋을 사용하여 학습하고 학습 과정에서는 입력 영상과 관련된 주관적 품질점수를 예측하는 방법을 학습하게 되고, 주로 Mean Squared Error (MSE)와 같은 회귀 손실 함수를 사용해 실제 품질점수와 예측된 점수 간의 차이를 최소화하는 방식을 제안한다[3].

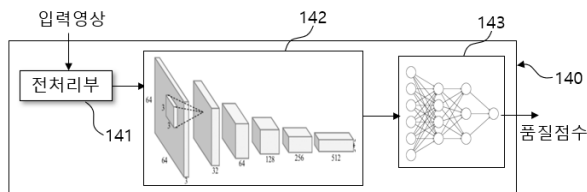


그림 2. 입력영상 분석을 통한 지능형 품질평가

## 2.3. 제안한 지능형 CCTV 용 화질 개선 장치의 동작 제어

그림 3 은 제안한 CCTV 용 화질 개선 장치를 이용하는 방법을 순서도로 나타낸 것이다. CCTV 용 화질 개선 장치는 지능형 CCTV 로부터 영상을 획득하는 제 1 단계, 획득한 영상을 지능형 서버로 전송하는 제 2 단계, 획득한 영상에서 하나의 정지 영상을 선택하여 영상 분석부에서 학습된 인공지능 모델을 이용하여 영상의 품질점수를 산

출하는 제 3 단계, 품질점수가 소정의 임계치를 넘어 정상인 경우 혹은 품질점수가 소정의 임계치 이하(즉, 영상이 빛 등의 영향으로 왜곡)인 경우, 전자 필터에 인가되는 전압의 세기를 변경하는 제 4 단계로 이루어진다.

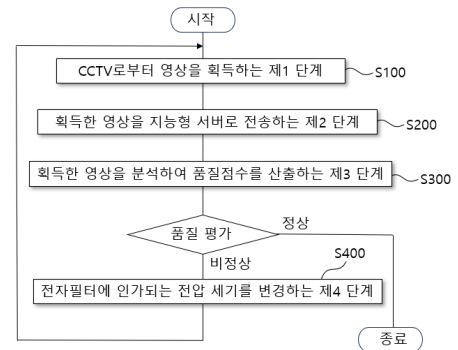


그림 3. 지능형 CCTV 용 화질개선 장치의 제어흐름도

## III. 결론

본 논문에서는 전자제어가 가능한 LCD 편광필터를 활용한 인공지능기반의 CCTV 용 화질 개선 장치를 제안하였다. 편광 필터를 CCTV 렌즈 앞에 구비하고, 인공지능 모듈을 통해 최적의 영상 품질을 제공할 수 있는 편광필터를 적응적으로 제어할 수 있게된다. 또한, 전압의 세기에 따라 편광 필터의 각도를 임의대로 조절할 수 있어 다양한 환경에서 설치가 가능한 지능형 CCTV 를 제공할 수 있다는 이점이 있다.

현재, 하드웨어를 개발을 완료하고, 편광필터 제어를 통한 최적 영상 도출을 통한 강화학습 데이터셋을 도출하여 실제 현장환경에서 적용하였다. 그러나, 모든 방향의 파동을 갖는 반사광은 편광필터를 통해 제거되는데 있어 한계점이 나타나, 전압 조절에 따른 편광 필터의 효과적인 활용과 더불어, 촬영 해상도를 동시에 개선하는 방법을 도입하고 있다.

이를 통해서 더욱 향상된 화질 개선이 가능할 것으로 확인되어 다양한 환경에서 보다 신뢰성 높은 영상 데이터 확보를 통한 강화학습을 통해서 CCTV 시스템의 전반적인 성능과 정확성이 크게 향상될 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3 단계 산학협력 선도대학 육성 사업 (LINC3.0)의 연구결과입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 안현식,임성민,장은정,최윤석, “편광 영상감시 장치를 위한 액정기반 전기적 편광 조절 기술 연구”, 한국전기전자학회 제 26 권 제 3 호 pp84-89, 2022.
- [2] 박형주,하동환, “객관적인 화질평가 방법에 관한 연구:동적 폭, 노이즈, 해상도, 색재현성, 선호도”, 한국콘텐츠학회 제 12 권 제 8 호 pp87-95, 2012.
- [3] 김지은,이재훈,정찬영,김민우, “SR-GAN 을 활용한 도로주행 다각도 편광영상의 화질 개선”, 2024 한국자동차공학회 춘계학술대회, pp1062-1065.