

무인교통단속장비 개선 및 구현

Improvement and Implementation of Unmanned Traffic Enforcement Equipment

이 상 오* · 이 철 기** · 윤 일 수***

* 주저자 : 아주대학교 교통공학과 박사과정

** 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

*** 공저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

Sang-O Lee* · Choul-Ki Lee* · Ilsoo Yun*

* Department of Transportation System Engineering, Ajou University

† Corresponding author : Choul-Ki Lee, cklee@ajou.ac.kr

Vol. 21 No.5(2022)
October, 2022
pp.42~56

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.5.42>

Received 25 April 2022
Revised 18 May 2022
Accepted 19 September 2022

© 2022. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

본 논문은 무인교통 단속장비 시스템을 개선하는 것이 목적이다. 이를 위하여 기존 무인교통 단속장비에 대하여 개선이 필요한 부분을 정리하고 최신 기술을 적용하여 개선할 수 있는 사항들을 도출하였다. 또한 도출된 개선 사항을 반영하여 새로운 무인교통 단속장비의 설계 및 구현방안을 제시하고자 한다. 주요 개선사항으로서 무인교통 단속장비의 하우징 소재 변경, 장비구성의 간소화, 무게의 경량화와 소프트웨어로 단속용도 변경이 가능하도록 설계 하였다. 본 연구를 통해서 개선된 무인교통 단속장비의 객관적 성능을 평가하기 위하여 공인인증기관에 의뢰하여 KC 인증 및 내구성 시험을 통한 장비의 신뢰도를 확보하였다. 기존 무인교통 단속장비와 공사기간 및 설치비용 등을 비교 평가하여 앞으로 무인교통 단속장비 시장성 확보의 당위성을 제시하고자 한다.

핵심어 : 무인교통단속장비, 탄소섬유, 레이더, 일체형하우징, 인증

ABSTRACT

The thesis is automated traffic control equipment system aims to improve. Areas where improvement is needed about the existing automated traffic control equipment by applying the latest technology and to improve the things that can be derived. Reflecting the derived improvements, we intend to present a plan for the design and implementation of a new unmanned traffic control device. The main improvements were designed to change the housing material of the unmanned traffic control equipment, simplify the configuration of the equipment, reduce the weight of the equipment, and change the purpose of the software. In order to evaluate the objective performance of the improved unmanned traffic control equipment through this study, it was requested to a public certification authority. The reliability of the equipment was secured through KC certification and durability test. It is intended to present the feasibility of securing the marketability of the unmanned traffic control equipment by comparing and evaluating the construction period and installation cost with the existing unmanned traffic control equipment.

Key words : Unmanned traffic enforcement equipment, Carbon fiber, Radar, Integrated housing, Certification

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

무인교통 단속장비는 신호교차로에서 신호, 속도, 교차로 통행방법 위반차량을 단속하는 장비로서, 정지선 부근에 설치된 검지장치를 통하여 위반차량을 적발한 후, 영상(위반사항, 시간, 영상 등)을 수집하여 위반정보를 센터 표준서버로 전송하는 기능을 수행하는 장비이다. 무인교통 단속장비는 1998년 최초로 설치된 이래 매년 꾸준히 증가하고 있다. 2017년에 1,202대의 무인교통 단속장비가 설치되었고, 2018년에는 1,415대, 2019년에는 1,438대가 설치되는 등 그 설치대수가 매년 늘어나면서, 2019년에는 총 8,982대의 무인교통 단속장비가 설치·운영되고 있다 (National Assembly Legislative Investigation Office, 2020).

무인교통 단속장비의 설치근거는 「도로교통법」 제4조의 2이다. 그리고 그 구체적인 설치기준 및 절차는 「교통영상단속업무매뉴얼」에서 정한다. 해당 매뉴얼에 따르면 단속장비 설치장소는 교통사고율이 높은 지점 등이고, 신규 설치 장소의 수요조사, 현장 조사, 심의위원회 등을 거쳐 설치하여야 한다. 무인교통 단속장비는 경찰과 지방자치단체가 설치한다. 과거에는 경찰이 주로 무인교통 단속장비를 설치하였으나, 최근에는 지방자치단체도 무인교통 단속장비를 설치하고 있다. 2019년 12월 기준 전국에 설치된 무인교통 단속장비는 8,982대이고, 이 중 52.6%에 해당하는 4,721대는 지방자치단체가 설치하였다. 무인교통 단속장비는 설치·운영 방식 등에 따라 고정식과 이동식으로 구분된다. 고정식은 도로의 특정지점에 카메라를 고정·설치하여 그 지점을 통행하는 차량을 365일 단속한다. 반면, 이동식은 일정 주기별로 단속지점을 변경하여 단속하는 방식으로, 경찰 직접 단속방식과 무인단속방식(단속박스)으로 활용된다. 과거에는 경찰이 카메라를 들고 지점을 이동·단속하였으나, 단속 중 교통사고가 발생하여 안전문제가 제기되자, 도로 곳곳에 밀폐된 박스를 설치하고, 각 박스에 카메라를 주기적으로 순환 설치하여 단속하는 방식을 도입하였다. 2019년 12월 기준 전국에 설치된 8,982대 중 8,576대는 고정식이고, 406대는 이동식이다. 그리고 이동식 카메라를 순환·설치하기 위하여 전국 도로 곳곳에 설치한 박스는 1,804대이다(National Assembly Legislative Investigation Office, 2020).

「교통사고 통계자료」에 따르면 총 교통사고 발생건수 22만여 건(평균) 중 과속은 2000년대 500여건에서 2019년 1100여 건으로 꾸준히 증가했으며, 또한 신호위반도 2000년대 22,000여 건에서 2019년 27,000여 건으로 계속적으로 증가 추세이다(NPA, 2020). 또한 총 교통사고 발생 비율 중 신호·속도위반 발생 비율은 13%로 두 번째로 높은 비율을 차지한다. 현재 사회적 이슈로 대두되고 있는 2019년 충남 아산의 어린이보호구역에서 발생한 교통사고로 인하여 사망한古墓민식군의 사고 이후 발의된 법안 「도로교통법 개정안」과 「특정범죄 가중처벌 등에 관한 법률 개정안」이 2020년 3월 시행되었다. 위 사고로 법의 개정 및 시행에 따라 어린이보호구역 및 별도의 보호구역으로 지정된 장소에는 필수적으로 신호등, 단속카메라를 설치해야한다. 그러나 현재 전국 스쿨존의 교통단속카메라 설치비율은 4%로 저조한 수준이다. 정부는 2022년까지 전국의 어린이 보호구역에 무인교통 단속장비와 신호등을 추가 설치 예정이다. 하지만, 무인교통 단속장비의 설치기간이 길고 예산이 많이 들어가며 기존 구조물들과 호환성이 낮아 같은 곳에 구조물들이 중복 설치되고 있는 실정이다. 또한 설치공정 및 기간이 과도하게 길어 2차 사고의 위험성이 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 무인교통 단속장비 시스템에 최신 기술동향을 적용하여 개선 항목을 도출하고, 도출된 항목에 대한 설계 및 구현을 하고자 한다. 구체적으로는 탄소섬유 및 복합소재를 사용하여 강도와 내구성이 우수한 경량의 카메라 하우징을 제작 및 주카메라와 보조카메라를 일체형으로 개선하고자 한다. 또한 신호위반과 속도위반 단속이 소프트웨어 변경으로 모두 운용이 가능하도록 개선하고자 한다. 개선된 무인교통 단속장비는 현장 실험을 통하여 타당성 및 시장 확보의 당위성을 검토하였다.

2. 연구의 범위 및 절차

본 연구에서는 기존의 무인교통 단속장비의 설치·운영 사례를 수집 및 분석하여 성능을 파악하였다. 제안한 개선된 무인교통 단속장비는 주요 제어기 일체형 주카메라, T-Box, 주요 케이블 설계를 제시하고 개선된 무인교통 단속장비를 제작하였다. 기존의 무인교통 단속장비와 제안한 무인교통 단속장비의 성능을 비교하였다. 또한 제안한 무인교통 단속장비를 현장에 설치하여 시스템의 안정성 및 시장 확보의 당위성을 검증하고자 한다. 본 연구의 수행절차는 다음과 같다.

첫째, 관련 문헌 고찰로 무인교통 단속장비 및 탄소 섬유와 관련된 관련 연구를 검토하여 연구의 방향성을 설정하고자 한다. 둘째, 2017년에서 2019년까지 설치·운영되고 있는 무인교통 단속장비를 대상으로 사례를 수집 및 분석하고자 한다. 셋째, 기존의 무인교통 단속장비와 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 성능을 비교 분석하고자 한다. 넷째, 개선된 무인교통 단속장비를 현장에 설치하여 시스템의 안정성 및 시장 확보의 당위성을 검증하고자 한다. 마지막으로 결론을 정리하고 본 연구에서 미진하게 검토된 사항들과 향후 연구 과제를 제시하고자 한다.

II. 관련 이론 및 연구 고찰

1. 무인교통 단속장비 개요

무인교통 단속장비는 과속 및 신호위반 등을 단속할 수 있도록 주 카메라부, 보조 카메라부 및 각종 케이블류와 단속영상을 처리할 수 있는 제어부로 이루어진 지역제어기를 말한다. 무인교통 단속장비는 주로 고정식과 이동식으로 나눌 수가 있다. 고정식 무인교통 단속장비에는 과속위반 차량을 단속하는 과속 단속장비와 신호위반 차량을 단속하는 신호위반 단속장비가 있다. 현재 신호위반 단속장비는 신호위반과 속도위반을 단속하고 있으며, 신호등이 설치된 교차로에 설치되어 신호등과 연동하여 운영되고 있다(NPA, 2020).

2. 관련 연구 고찰

1) 무인교통 단속장비 설치 효용성 관련 연구

Korea Highway Traffic Research Institute(2012)에서는 13개 지방경찰청 관할 지역에 설치되어 운영되는 총 100개 지점의 무인과속단속시스템을 대상으로 시스템 설치 전후의 사고 발생현황을 분석하였다. 시스템 설치지점을 중심으로 전후 1km(총 2km)에서 시스템 설치 전과 설치 후에 발생한 교통사고건수와 사망자수를 비교한 결과 교통사고건수는 29%, 사망자수는 40.7% 감소한 것으로 나타났다. 또한, 평균속도는 85.4km/h에서 73.4km/h로 14% 감소하였으며, 속도분산은 205.4에서 131.2로 약 36% 감소한 것으로 조사되었다.

Joo et al.(2009)은 무인단속시스템 설치효과 분석에 관한 연구에서는 과속단속시스템 설치전후 효과분석을 기존의 단순 비교 분석에서 시스템 설치 외 교통안전에 영향을 미칠 수 있는 요소를 고려한 새로운 방법을 제시하여 향후 무인과속단속시스템 설치 시 정책판단의 근거를 제시하였다.

Kim and Park(2009)은 무인신호위반 단속장비 설치 전·후에 따른 교통사고감소효과를 EB방법을 이용하여 분석하였다. 무인신호위반 단속장비 28개 지점의 설치 전·후 각각 1년간의 교통사고 자료를 단순 분석한 결과, 전체 교통사고건수는 설치 전 429건 발생하고 설치 후 340건 발생하여 전체사고건수 감소는 20.74%로

제시하였다. 설치 전·후 사고감소효과를 분석한 결과, 무인신호위반 단속장비 설치에 따른 95% 신뢰수준에서의 사고감소 효과는 최소 3.89%, 최대 29.23%범위 이내 인 것으로 분석하였다.

2) 탄소 섬유 관련 연구

Kim et al.(2012)의 자동차 경량화를 위한 탄소섬유강화 복합재료의 동향 연구에 의하면, 탄소섬유 복합재료는 자동차의 경량화를 위해 차체 및 부품 등 다양한 부분에 적용됨 따라 그 수요가 크게 증가하고 있고 차량에 적용시 차체 중량감소에 따른 제동, 조향, 내구 및 연비향상과 이에 따른 에너지 절약 및 이산화탄소 배출을 최소화 하는 장점을 갖는다고 제시하였다.

KISTI(2014)의 탄소섬유 복합소재의 기술개발 현황과 시장 전망에 의하면, 탄소섬유는 철보다 5배 가볍고, 강도는 10배 강하며(1 mm² 당 약 800kg의 무게를 지탱), 내충격성 및 내열성이 뛰어난 고강도/고탄성 첨단소재로서 항공·우주, 방위산업 및 반도체 등 고부가가치 복합재료의 핵심소재로 사용되어 왔다. 탄소섬유는 주로 복합재의 보강재로 사용되며, 탄소섬유 복합재료는 2005년도 미국에서 선정한 10대 미래기술에 포함된 소재이며, 2009년 TIME지 신년호에서는 경량화 소재기술 등의 에너지 절약기술을 제 5에너지로 규정하였다.

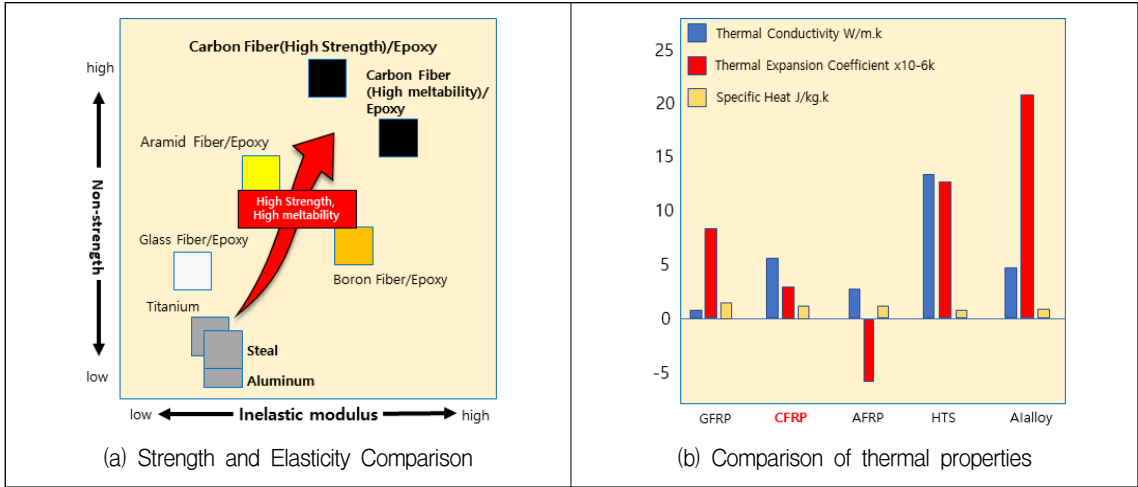
Lee and Kil(2012)의 탄소섬유의 최신 응용 동향에 의하면, 탄소섬유는 강도와 탄성에서 특출한 우수성을 나타내어 모든 분야로 사용 범위가 확대되고 있다. 또한 고강도 고인성의 특성 외에도 용삭 재료로서의 특성도 갖고 있다.

Kim and Park(2011)의 항공기용 탄소섬유강화 복합재료의 기술동향에 의하면, 탄소섬유강화 복합재료(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)는 경량, 높은 무게비 강도 및 강성도, 열적특성, 전기적 특성, 내부식성, 내충격성, 피로특성, 부품 일체화의 용이성 등의 장점을 가지고 있다. 이러한 특성을 바탕으로 탄소섬유강화 복합재료는 항공기용 부품·소재의 경량화, 내 부식성 및 충격, 진동 등의 성능 향상, 금형 가격의 절감 등을 위하 구조물, 외장 부품과 같은 기구부품 및 엔진부품 등에 적용하기 시작하여, 현재 그 사용량이 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 또한 탄소섬유강화 복합재료는 내약품성, 화학적 불활성 및 생체 친화성이 매우 우수하여 다양한 분야에서 응용이 가능하다.

<Table 1> Installation Process

division	Aluminum	SUS304	Carbon fiber	NOTE
importance	2.7	7.9	1.5	The lower the lighter
The tensile strength(kgf/mm ²)	25	60	160	
Tensile modulus(kgf/mm ²)	7200	21000	24000	Higher is better
Bending strength(kgf/mm ²)	0	0	130	Higher is better
Lateral modulus(kgf/mm ²)	0	0	9000	Higher is better
Coefficient of linear expansion(10 ⁻⁶ /°C)	23.6	17.5	0.2	lower is better
Thermal conductivity(kcal/m · h · °C)	100	12.9	3	lower is better

<Table 1>은 탄소융합기술원 자료를 참고하여 알루미늄과 스틸 그리고 탄소섬유의 각종 특성들을 비교하여 나타내고 있다. <Table 1>에서 알 수 있듯이 탄소섬유는 비중은 낮으며, 인장강도와 인장탄성률, 강도 등 모든 면에서 우수한 특성을 나타내고 있다.



<Fig. 1> Mechanical Properties Numerical Comparisons

<Fig. 1>은 한국섬유개발연구원 자료에 따라 탄소섬유의 기계적 특성을 나타내고 있다. (a)는 강도 및 탄성 특성을 (b)는 열적 특성을 나타내고 있다. (a)에서 보면 알 수 있듯이 알루미늄과 스틸에 비해 탄소섬유가 탄성률이 높고 강도 또한 높은 것을 알 수 있다. 그리고 일반 탄소섬유에 에폭시 처리를 할 경우 그 특성은 더 좋아 지는 것을 알 수 있다. (b)는 열적 특성을 나타내고 있으며, 탄소 섬유가 열전도율은 낮으며 열팽창 계수가 높은 것을 알 수 있다.

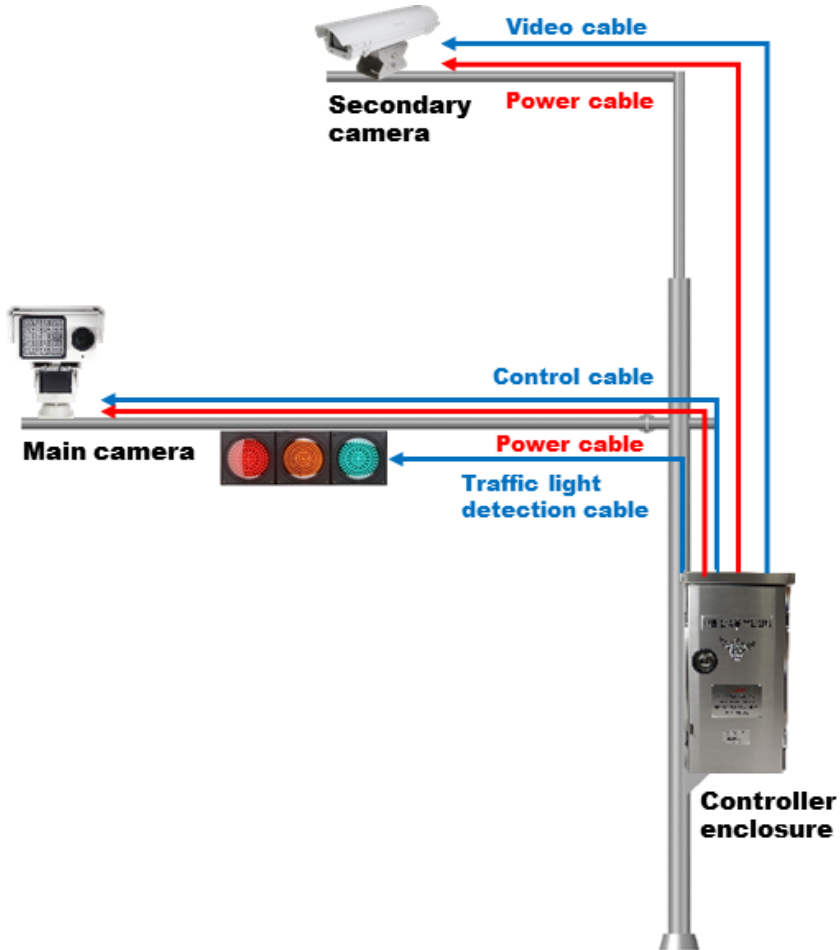
Ⅲ. 무인교통 단속장비 개선 사항 도출

1. 기존의 무인교통 단속장비 시스템의 개선 사항 도출

<Fig. 2>는 기존의 고정식 무인교통 단속장비로 별도의 구조물에 시스템 구성 나타내고 있다. 주카메라 하우징, 보조카메라, 제어기 함체, 각종 전원 및 제어 케이블, 철 구조물로 이루어져 있다. 주카메라 하우징은 위반차량 번호 영상을 취득하며 그 무게는 약 25Kg에 달한다. 보조카메라는 신호위반차량의 흐름을 파악하고 최종 단속여부를 판별하는 영상을 취득하게 되며, 신호위반 단속장비에만 설치가 된다. 제어기 함체는 각 카메라부에서 수집된 영상을 분석하고 번호를 자동 인식하며 속도와 신호시간 등을 판별하여 위반여부를 판별하여 위반차량 정보만을 센터와 통신하여 제공하는 역할을 한다. 제어기 함체 무게는 약 53Kg에 달한다. 철 구조물은 이러한 무게들을 버티고 위반차량 영상을 취득하기 위하여 과속 단속장비는 8m지주를, 신호위반 단속장비는 보조영상 분석 때문에 12m 지주를 사용하여 설치되며, 콘크리트를 통한 기초를 별도로 설치 후 그 위에 설치된다.

기존의 고정식 무인교통단속시스템의 설치과정은 터파기 및 기초공사부터 구조물 설치, 교통 단속장비 설치 및 인수·성능검사, 장비운용을 위한 시험운용 및 점점의 과정으로 진행되며 세부 설치 공정은 터파기, 기초양카 설치, 접지공사, 콘크리트 타설, 기초 양생(21일), 구조물 하차, 구조물 조립, 케이블인입, 기초와 구조물 결합, 주 카메라 및 표지판 설치, 보조카메라 설치, 제어함체 설치, 주변정리 및 보행로 복구, 설치완료 인 총 13단계로 구성되어 있다. 설치공사가 진행되는 동안 2차 사고의 위험이 있다. 또한 터파기 및 기초공

사를 진행하고 콘크리트 양생 시 수일이 소요되어 보행자의 통행에 지장을 주며 안전사고의 위험이 있고, 기초공사와 구조물 설치 공사 진행 시 대형 공사차량이 이용되며 필요시 도로를 차단하여 공사가 진행되므로 이때 발생하는 도로점용, 차단으로 인한 교통 혼잡 및 사고 위험도가 높아지는 등의 문제점이 발생한다.

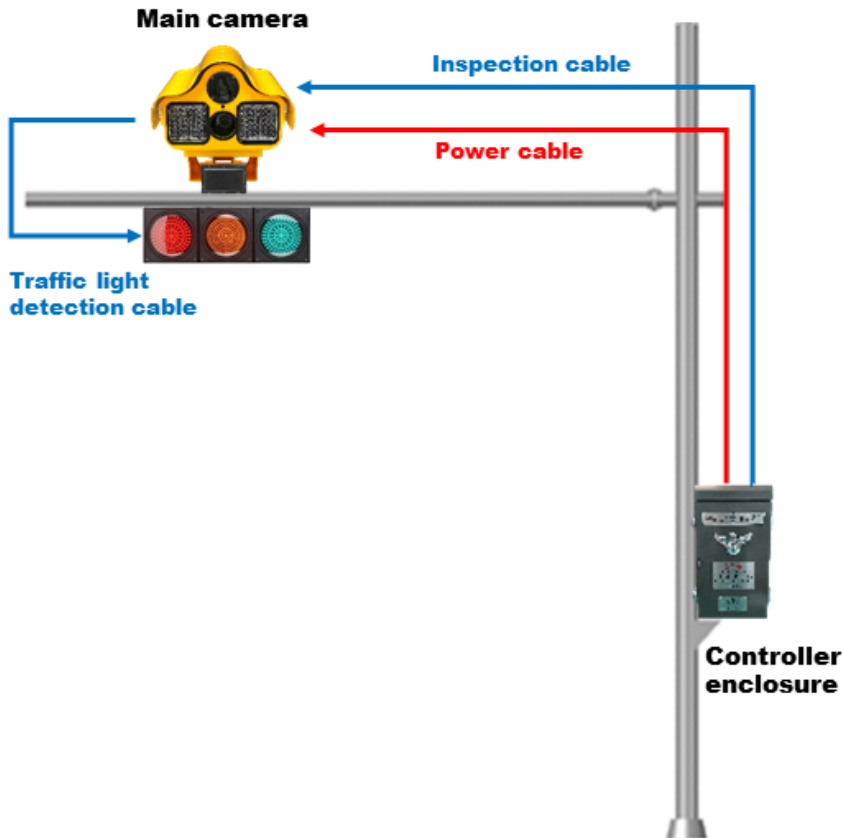


<Fig. 2> Automatic Traffic Enforcement Equipment

2. 기존의 무인교통 단속장비 시스템의 개선 사항 방향 제시

<Fig. 3>은 개선된 무인교통 단속장비를 기존 구조물(신호등)을 활용한 시스템 구성을 나타내고 있다. 주 카메라 하우징, 제어기 합체, 전원 및 제어 케이블로 이루어져 있다. 기존의 금속재료에서 첨단소재인 탄소 섬유(Carbon) 및 복합소재(ABS)를 사용하여 강도와 내구성이 우수한 경량의 일체형 카메라 하우징을 제작하였으며, 기존의 주 카메라와 보조카메라를 일체형으로 설계 및 제작하여 소형·경량화 하였다. 신호위반단속 장비의 보조영상을 주카메라와 일체형으로 만들었기 때문에 기존의 구조물(신호등, 도로이정표, 가로등과 같은 기 설치된 구조물)에 설치 및 운영이 가능하여 별도의 구조물 설치가 불필요하여 기존의 전체 13단계의 설치공정도를 일체형 카메라 및 표지판 설치, 케이블 인입, 점검박스 설치, 설치완료의 총 4단계로 단축시

킬 수가 있다. 이로 인하여 제안한 무인교통 단속장비 시스템의 설치기간이 기존 2~6개월에서 15일 이내로 단축되고 공사 공정의 축소(기초공사 및 구조물 제작 및 설치비용등)로 비용을 절감할 수 있다. 또한 물체 탐지를 위한 레이더 카메라 복합 검지 장치 및 방법 기술이 적용되어 기존과 같이 신호위반 또는 속도위반을 별개로 운영하지 않고 단일 소프트웨어를 이용하여 별도의 추가 구성품없이 단속용도 변경이 자유로워 탄력적인 운영 및 사용이 가능하다.

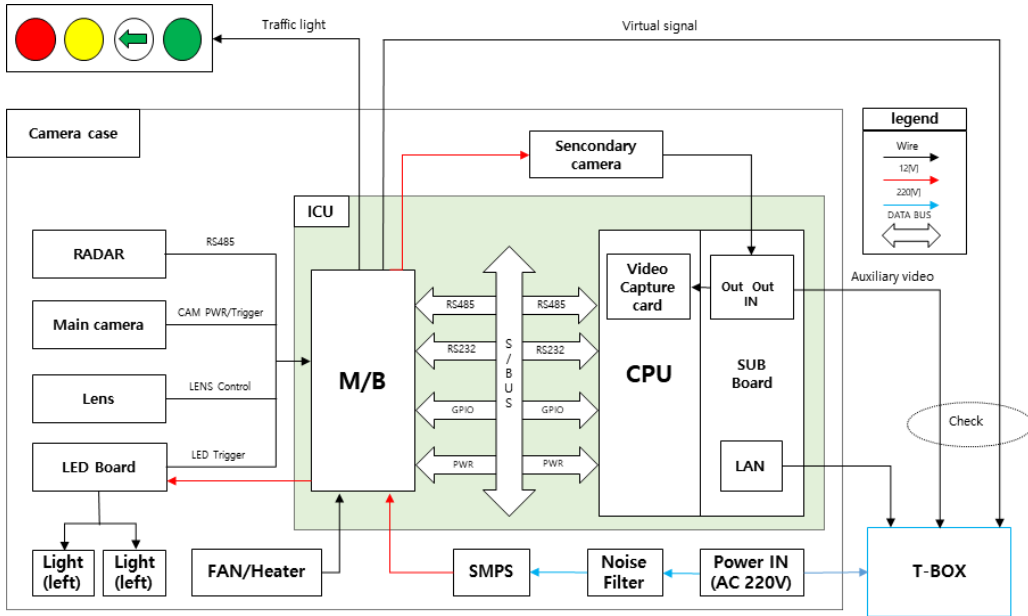


<Fig. 3> Proposed unmanned traffic enforcement

IV. 무인교통 단속장비 개선

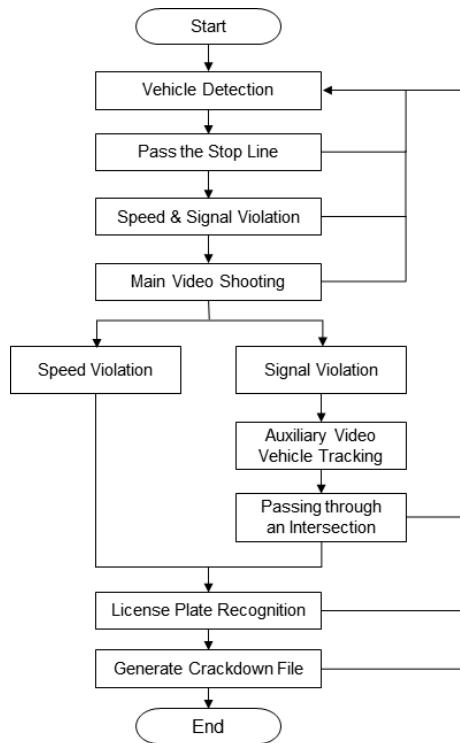
1. 제안한 스마트 무인교통 단속장비 시스템

<Fig. 4>는 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 전체 구성도를 나타내고 있다. 일체형 하우징에는 기존 하우징부에 있던 속도를 감지하는 레이더와 차량영상을 취득하는 카메라와 렌즈, 야간 단속을 위한 조명장치와 기존 제어부에 있던 메인보드와 CPU 등 처리부가 포함되었으며 간소화된 케이블을 통해 점검부인 T-BOX로 연결되어 점검 및 공인검사기관의 검사 시 필요한 데이터를 제공하게 구성되어 있다.



<Fig. 4> Installation Process

<Fig. 5>는 제안하는 개선된 무인교통단속장비의 동작 알고리즘을 나타내고 있다.

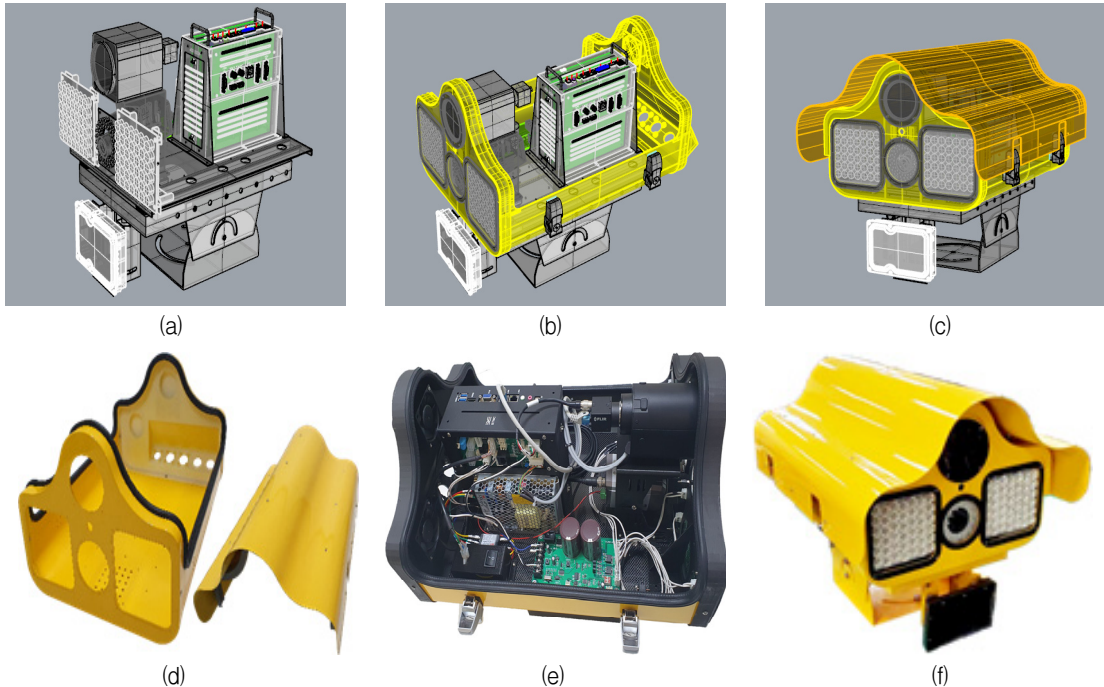


<Fig. 5> Flowchart

2. 개선된 스마트 무인교통단속장비 시스템 설계 및 구현

개선된 무인교통 단속장비는 카메라와 렌즈, 조명장치를 포함하고 보조영상 카메라까지 하나의 하우징에 모두 포함을 하고 있다. 카메라 하우징의 부피가 커지면 풍압하중을 더 받게 되고 그러면 기존 구조물(신호등, 가로등, 기타 지주 등)에 설치시 바람의 영향을 받을 수가 있다. 또한 여름철 햇빛으로부터 직사 열을 줄이고자 하우징 구조를 이중구조로 설계 및 제작하였다.

1) 일체형 카메라 하우징



<Fig. 6> Installation Process

<Fig. 6>은 카메라부와 제어부가 하나로 구성된 일체형 카메라 하우징을 나타내고 있다. (a)~(c)는 일체형 하우징의 외관을 3D 모델링한 사진이고, (d)~(f)는 일체형 카메라하우징의 실물모습을 보여주고 있다. 차량의 속도를 측정하는 레이더, 주 카메라, 보조카메라, 조명장치 등의 카메라부와 영상을 처리하고 판독하는 처리부가 하나의 하우징에 모두 포함되었으며, 하우징부 또한 첨단 소재인 탄소섬유와 복합소재(ABS)를 사용하여 경량화와 전기적 열적 특성을 개선하였다.

<Table 2>는 기존 무인교통 단속장비와 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 성능을 나타내고 있다. 주카메라 하우징의 소재를 기존 SUS소재에서 카본, 폴리카보네이트 등 복합소재를 사용하여 인장강도 및 인장탄성률을 향상하였고, 전기적 특성 또한 안정성을 높였다. 중량은 약12.5Kg으로 기존대비 50%이상 경량화를 실현 하였다. T-BOX 함체는 전기 인입과 정기검사를 위한 점검용 접속부만 두어 크기(250*192*413mm)를 획기적으로 줄였으며, 중량도 약9.5Kg으로 기존대비 약80%이상 경량화를 실현 하였다. 또한 기존 무인교통 단속장비의 신소재 일체형 하우징을 사용함으로써 하우징비용은 상승하나 제어함체 등이 줄어들면서 전체 제작 비용을 약30% 줄였으며 기존의 2~6개월의 소요되는 설치 기간을 15일로 획기적으로 줄였다.

<Table 2> Performance Comparison

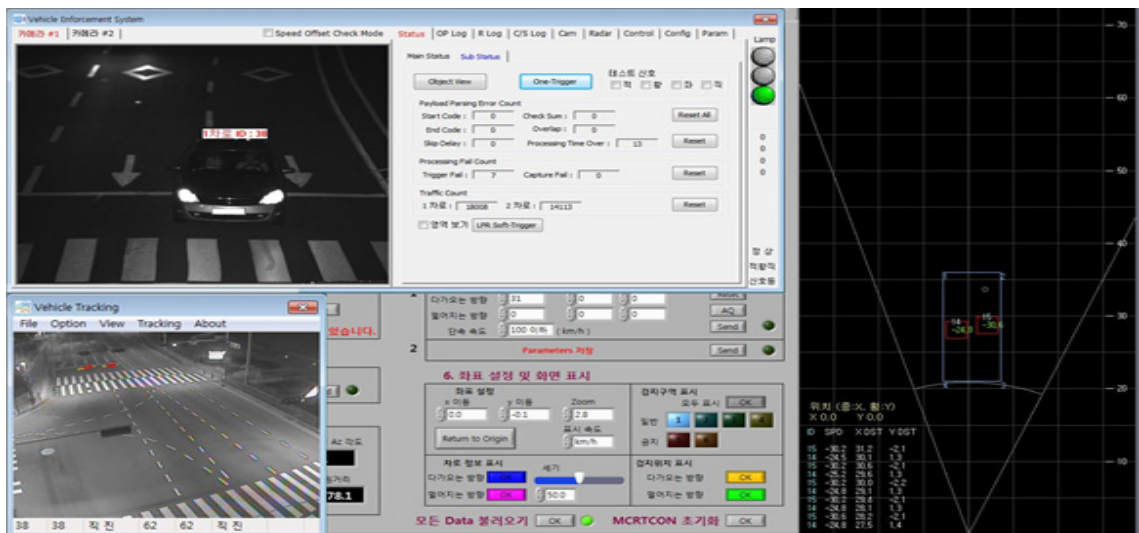
Item	Existing System	Proposed System
Material	Stainless, Steel, Aluminium and Electrolytic Galvanized Iron	Carbon, Polycarbonate and Composite Material
Equipment Components	Main camera Housing, Secondary camera, controller enclosure, iron structure, various power and control cables	All-in-one camera housing, T-Box, Power and inspection cables
Weight	·camera housing : about 25kg ·auxiliary camera : about 1.5kg ·case : about 53kg ·total weight : about 80Kg	·assembled camera housing : about 12.5kg ·test box : about 9.5kg ·total weight : about 23Kg
Form	Separate operation by control application (signal violation, speed violation)	For changing discrete use with one software (speed violation ↔ signal violation)
Cost	Procurement registration standard 34.5 million won	30% cost savings
Installation period	2Month~6Month	Install within 15 days

2) 모니터링 시스템

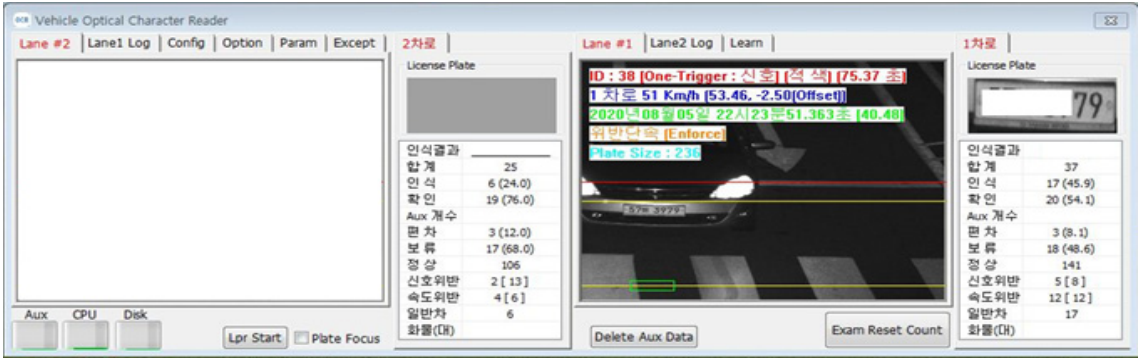
<Fig. 7>은 무인교통 단속장비의 상황 모니터링 화면을 나타내고 있으며 차량 영상 취득부, 차량의 흐름을 파악하는 트래킹부, 그리고 차량의 속도를 측정하는 레이더의 검지영역부로 구성되어 있다.

전체 동작 알고리즘은 다음의 4단계로 구성되어 있다.

- 1단계 : 레이더에 설정된 검지 영역에 기초하여 획득된 레이더 정보 및 카메라를 이용하여 상기 검지 영역에 존재하는 물체를 촬영함에 따라 획득된 영상정보를 수신
- 2단계 : 레이더 정보 및 영상정보를 분석하여 객체정보를 추출
- 3단계 : 레이더 정보 및 영상정보를 분석함에 따라 추출된 각각의 객체 정보를 좌표 정보 및 시간 정보에 기초하여 정합
- 4단계 : 상기 정합된 객체 정보에 기초하여 상기 물체에 대한 물체 정보를 모니터링 하도록 제공



(a) receiving video and radar information



(b) information processing and coordination

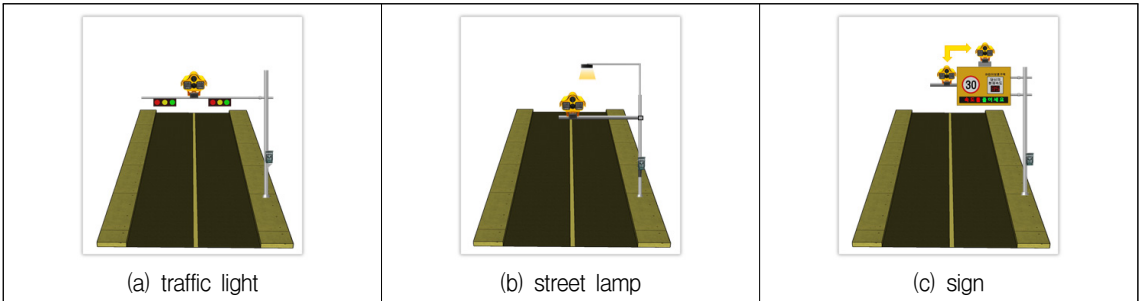


(c) matched object information

<Fig. 7> Composition of the proposed unmanned traffic enforcement equipment system

<Fig. 8>은 제안한 개선된 무인교통 단속장비 시스템의 설치 예시를 보여주고 있다. 주 카메라와 보조카메라를 하나의 하우징에 설계하고 첨단소재의 사용으로 경량화를 실현 하여 별도의 구조물이 아닌 기존에 설치된 구조물에 설치 할 수 있음을 나타내고 있다. 신호등 부착대 위에 설치하거나, 가로등에 부착대를 설치하고 그위에 설치하거나 표지판 등에도 설치할 수 있다. 주 카메라부와 보조 카메라부가 일체형으로 구성함에 따라 신호위반 단속장비의 경우 12m의 지주가 필요했지만 지금은 6m의 구조물만으로도 구현이 가능하다.

3) 설치환경



<Fig. 8> Installation configuration building of the proposed unmanned traffic enforcement equipment system

4) 평가방법

제안한 개선된 무인교통 단속장비 시스템의 내구성 시험은 경찰 규격서에 명시된 평가기준과 성능평가는 경찰 규격서 및 도로교통공단 인수·성능시험 지침서의 평가기준으로 한다.

V. 실험 결과 및 분석

1. 현장 실험

<Fig. 9>는 제안한 개선된 무인교통 단속장비 시스템의 현장 설치 환경을 보여주고 있다. 기존에 운영 중 이던 신호등 부착 대에 별도의 구조물 없이 개선된 무인교통 단속장비를 바로 설치하였다. 대한민국 성남시 수정구 창곡동 526 새초롱 유치원 앞(위례푸른초등학교 → 위례동 행복센터)에 제안한 개선된 무인교통 단속장비를 직접 설치하여 2020년 8월 초~ 2020년 8월 말까지 시범 운영을 진행하였다. 내구성 시험은 경찰 규격서에 명시된 평가 기준으로 하였으며 성능평가는 경찰 규격서 및 도로교통공단 인수·성능시험 지침서의 평가기준으로 공인인증기관인 도로교통공단에 의뢰하여 성능평가를 실시하였다. <Table 3>은 인수성능평가 검사성적서의 정략적 평가결과를 나타내고 있으며 속도정확도, 위반차량 단속률, 차량번호인식 오류율, 위반 행위 구분률, 필터투과율, 육안 식별률, 영상일치도, 시스템 기능 및 운영상태 점검의 적합으로 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 우수한 성능을 나타내고 있다.



<Fig. 9> Case of Smart Unmanned Traffic Enforcement System Installation

<Table 3> Performance Assessment Cleanup

Inspection items	National Police Agency standard		RESULTS			
			DAY		NIGHT	
Speed accuracy	60km/h under	±3km/h	1.4	PASS	1.0	PASS
	60km/h more~ 80km/h under	±4km/h	1.1	PASS	1.2	PASS
Violation vehicle enforcement rate	80% more		97.5	PASS	96.2	PASS
Vehicle number recognition error rate	2% under		0.0	PASS	0.0	PASS
Signal Interception Error Rate	0 %		0.0	PASS	0.0	PASS
Violation classification rate	90 % more		100.0	PASS	100.0	PASS
Visual identification rate	95 % more		100.0	PASS	100.0	PASS
Image match	100 %		100.0	PASS	100.0	PASS
System	normal		normal	PASS	normal	PASS
※ Relevant standards and calculation formulas are the acceptance and performance test standards of police specifications, and self-performance test evaluation ※ DAY : 80% of the violation vehicle enforcement rate was applied to 279 recognized vehicles out of 297 vehicles. NIGHT : 80% of the violation vehicle enforcement rate was applied to 228 recognized vehicles out of 242 violation vehicles ※ Test place : In front of Saechorong Kindergarten, 526 Changgok-dong, Sujeong-gu, Seongnam-si (Wirye Purun Elementary School → Wirye-dong Happiness Center) ※ Test date : 2020.09.03.(목)						

2. 내구성 실험

내구성 시험은 경찰 규격서에 명시된 평가된 평가기준으로 하였다. 기능시험의 영상취득·조명시험·팬틸트 시험의 모든 항목이 적합으로 시험결과를 얻었으며 환경시험의 저온·저전압 시험, 저온·고전압 시험, 고온·고전압 시험, 고온·저전압 시험에서 모두 정상작동 하였다. 내수성 시험 항목의 시험결과 잔류수분 없음으로 판정되었다. 전기시험의 절연저항, 교류 내전압 시험, 직류 내전압 시험, 비파괴 내전압 시험, 피인 펄스 내전압 시험에서 적합으로 모든 항목의 시험결과가 적합으로 판정되었다. 진동시험은 정상작동, 외부손상 없음으로 시험결과를 광학시험은 기준적합으로 시험결과를 얻었으며 기능시험 또한 적합으로 시험결과를 얻었다. 외관검사의 9가지 검사 항목 중 8가지 항목은 적합으로 한가지(1) 항목은 부적합으로 시험결과를 얻었다. 7번째 검사항목인 규격, 치수 및 구조 상태의 합체 재질 등 구조 검사 판정기준에서 경찰규격(「경찰-6310-98-0001-아」 4.1 재료, p.4)에 따라 스테인레스, 아연도금강판 및 알루미늄 재질을 사용하여야 하나 Carbon 및 ABS 재질 사용으로 경찰규격 불만족으로 판정되었다.

VI. 결 론

본 연구에서는 최신 기술동향을 고려한 무인교통 단속장비의 개선 항목을 도출하고, 도출된 항목에 대한 설계 및 제작을 하였다. 탄소섬유 및 복합소재를 사용하여 강도와 내구성이 우수한 경량의 카메라 하우징을

제작 및 주 카메라와 보조카메라를 일체형으로 개선하였다. 또한 신호위반 또는 속도위반 단속 및 운용이 가능하도록 하였다. 개선된 무인교통 단속장비는 현장 실험을 통하여 타당성 및 시장 확보의 당위성을 증명하였다.

내구성 시험은 경찰 규격서에 명시된 평가 기준으로 하였으며 성능평가는 경찰 규격서 및 도로교통공단 인수·성능시험 지침서의 평가기준으로 공인인증기관인 도로교통공단에 의뢰하여 성능평가를 실시하였다.

인수성능평가검사성적서의 정량적 성과평가의 항목인 속도정확도, 위반차량 단속률, 차량번호인식 오류율, 위반행위 구분률, 필터투과율, 육안 식별률, 영상일치도, 시스템 기능 및 운영상태 점검의 적합으로 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 우수한 성능을 나타내고 있다. 또한 내구성 시험인 기능시험, 전기시험, 진동시험, 기능시험, 외관검사의 9가지 검사 항목 중 8가지 항목은 적합으로 우수한 성능을 나타내었으나 한가지(1) 항목은 부적합으로 시험결과를 얻었다. 7번째 검사항목인 규격, 치수 및 구조 상태의 합체 재질 등 구조 검사 판정기준에서 경찰규격(“경찰-6310-98-0001-아” 4.1 재료, p.4)에 따라 스테인레스, 아연도금강판 및 알루미늄 재질을 사용하여야 하나 Carbon 및 ABS 재질 사용으로 경찰규격 불만족으로 판정되었다.

기존 무인교통 단속장비와 제안한 개선된 무인교통 단속장비의 성능을 비교한 결과 주카메라 하우징의 소재를 기존 SUS소재에서 카본, 폴리카보네이트 등 복합소재를 사용하여 인장강도 및 인장탄성률을 향상하였고, 전기적 특성 또한 안정성을 높였다. 중량은 약 12.5Kg으로 기존대비 50%이상 경량화를 실현 하였다. T-BOX 합체는 전기 인입과 정기검사를 위한 점검용 접속부만 두어 크기(250*192*413mm)를 획기적으로 줄였으며, 중량도 약9.5Kg으로 기존대비 약 80%이상 경량화를 실현 하였다. 또한 기존 무인교통 단속장비의 신소재 일체형 하우징을 사용함으로써 하우징비용은 상승하나 제어합체 등이 줄어들면서 전체 제작 비용을 약30% 줄였으며 기존 2~6개월 소요되는 설치 기간을 15일로 단축하였다. 주 카메라부와 보조 카메라부가 일체형으로 구성함에 따라 신호위반 단속장비의 경우 12m의 지주가 필요했지만 지금은 6m 이상의 구조물만으로도 구현이 가능하다. 제안한 개선된 무인교통 단속장비는 기존 장비에 비해 설치시간과 비용 등을 절감할 수 있어서 동일한 예산으로 보다 빠르고 더 많은 곳에 무인교통 단속장비를 설치하여 교통약자를 보호하고 국민의 생명과 재산을 보호 할 수 있을 것이다.

경찰규격서(20.10.15) 재료부분에 카메라 하우징은 아연도금강판 및 알루미늄이라고 정의되어 있지만 첨단소재도 사용이 가능하도록 규격서 개정이 시급한 실정이다.

REFERENCES

- Joo, D. H., Hyun, C. S., Lee, H. W., Han, W. S. and Lee, C. K.(2009), “Study on the Analysis for the Effects of the Automated Speed Enforcement System Application”, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 8, no. 6, pp.55-63.
- Kim, K. S. and Park, S. J.(2011), “Technique Status of Carbon Fibers-reinforced Composites for Aircrafts”, *Elastomers and Composites*, vol. 46, no. 2, pp.118-124.
- Kim, K. S., Bae, K. M., Oh, S. Y., Seo, M. K., Kang, C. G. and Park, S. J.(2012), “Trend of Carbon Fiber-reinforced Composites for Lightweight Vehicles”, *Elastomers and Composites*, vol. 47, no. 1, pp.65-74.
- Kim, T. Y. and Park, B. H.(2009), “Effects on the Accident Reduction of Red Light Camera Using Empirical Bayes Method”, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*,

vol. 8, no. 6, pp.46-54.

Korea Highway Traffic Research Institute(2012), *A Study on the Improvement of Operation Plan of Unmanned Traffic Control Equipment*, p.52.

Korea Institute of Science and Technology Information(KISTI)(2014), *Information Analysis Report*, pp.1-44.

Lee, T. H. and Kil, S. C.(2012), “Status of the Recent Applications of Carbon Fiber”, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, vol. 15, no. 4, pp.492-501.

National Assembly Legislative Investigation Office(2020), *Issues and issues*, no. 1758.

National Police Agency(NPA)(2020), *Traffic Accident Statistics*.