

ASV용 센서통합평가 기술을 위한 무인 타겟 이동 시스템의 개발

김은정* · 송인성* · 유시복* · 김병수*

Development of an Automatic Unmanned Target Object Carrying System for ASV Sensor Evaluation Methods

Eunjeong Kim*, Insung Song*, Sybok Yu*, Byungso Kim*

Key Words : Automatic unmanned target object carrying system(무인 타겟 이동 시스템), Stealth(스텔스), Radar(레이더), Vision sensor(비전 센서), ADAS(첨단 운전자 지원 시스템), ASV(첨단 안전 차량), Pedestrian(보행자)

ABSTRACT

The Automatic unmanned target object carrying system (AUTOCS) is developed for testing road vehicle radar and vision sensor. It is important for the target to reflect the realistic target characteristics when developing ASV or ADAS products. The AUTOCS is developed to move the pedestrian or motorcycle target for desired speed and position. The AUTOCS is designed that only payload target which is a manikin or a motorcycle is detected by the sensor not the AUTOCS itself. In order for the AUTOCS to have low exposure to radar, the AUTOCS is stealthy shaped to have low RCS(Radar Cross Section). For deceiving vision sensor, the AUTOCS has a specially designed pattern on outside skin which resembles the asphalt pattern. The AUTOCS has three driving modes which are remote control, path following and replay. The AUTOCS V.1 is tested to verify the radar detect characteristics, and the AUTOCS successfully demonstrated that it is not detected by a car radar. The result is presented in this paper.

1. 서론

최근 들어 ASV(Advanced Safety Vehicle)와 ADAS(Advanced Driver Assistance System)분야에 많은 안전 시스템이 활성화 되고 있다. 유럽, 일본, 한국 등 선진각국은 교통사고 발생을 상당히 감소시킬 수 있는 능동안전 제어/경고 시스템을 개발하는 대형 연구프로젝트를 시작했다. 또한 지능형자동차 시장은 2020년에 60억 달러 규모에 이를 것으로 전망된다.

ASV 시스템을 개발할 때 운전자가 직접 수행할 수 있는 실험 시나리오가 극히 제한적이고 대다수의

ASV 시스템이 근거리 사고 상황을 기반으로 제작되므로 근거리 충돌 실험에서의 T-car(Test-car; 실제 실험 차량) 실험이 필수적이다¹⁾. 실험 진행시 실제 사상자가 나오는 상황을 방지하기 위해 각 연구기관들은 대부분 사람모양의 인형인 더미 혹은 기타 제품을 이용하여 실험을 진행한다. 이 경우 정지된 장애물 차량과의 실험 시나리오는 가능하지만 움직이는 차량과의 실험 시나리오는 불가능하다.

레이더나 시각 센서 등으로 실험을 진행할 때 정지된 물체만을 실험하는 것은 바람직하지 않다. 레이더는 기본적으로 정지되어 있는 물체를 주변지형으로 인식하고 자동차와 같은 움직이는 물체만 추적이 가능하기 때문이다. 또한, 레이더나 시각 센서들은 차량을 기

* 자동차부품연구원

E-mail : sbyu@katech.re.kr

본적으로 탐지할 수 있도록 개발되어 보행자나 오토바이 같은 작은 물체의 탐지 능력은 상대적으로 떨어진다. 오토바이를 감지할 수 있는 센서의 요구조건은 ISO 22179 FSRA 등에서 찾아볼 수 있다⁴⁾.

실제 차량을 기초로 한 시스템은 T-car 실험 중 일어나는 예기치 못한 사고로 인해 차량의 운전자 상해를 발생시키거나 고가의 실험 차량 및 장비에 막대한 손실을 입히는 결과로 이어질 가능성이 있다. 이러한 문제로 실험을 진행할 때 무인 차량을 이용하는 것이 좋은 해결책이 될 수가 있으나, 우리나라에서 무인 타겟이나 원격 조정이 가능한 차량을 구축하는데 드는 비용은 2억 원 이상이다.

본 연구는 무인으로 마네킹이나 오토바이를 이동시킬 수 있어 ASV 개발자들이 ASV 시스템과 센서를 실험 할 수 있도록 개발된 AUTOCS(Automatic Unmanned Target Object Carrying System, 무인 타겟 이동 시스템)를 소개한다.

2. AUTOCS의 개발

AUTOCS의 기본 콘셉트를 Table 1과 같이 정하였다. 충분이 낮은 레이더 투영 면적(RCS; Radar Cross Section)을 갖고 있어 레이더는 그 위에 장착된 물체만을 인식해야 한다. 외부의 색상은 패턴을 디자인 하는데 아스팔트 도로에 가까운 색상으로 디자인하여 움직이는 물체로 인식하지 않아야 한다. 또한, 제품 상단에 60 kg 이상을 탑재할 수 있어 오토바이의 모형 장착이 가능해야 하고 복잡한 실험 시나리오를 위하여 구동 시스템을 동시에 두 기 이상의 구동이 가능해야 한다. 주행 모드는 3가지가 가능해야 하는데 원격 제어, 경로 추적, 경로 재생모드이다. 경로 추적 상태에서의 오차범위는 30 cm 이내여야 한다. T-car와의 예상치 못한 충돌이 발생하여도 내부의 고가 제어 부품들을 보

호하여 중요 부품들의 손상이 없도록 해야 하고 손상에 대비하여 내부 및 외부를 저비용으로 교체가 용이해야 한다.

2.1 외형

외형 디자인은 RCS의 최소화에 중점을 두었다. 지면에서 가장 높은 표면까지가 30 cm로 낮은 높이를 갖도록 설계하였고 지면에서 하부까지는 약 5 cm의 간격으로 완만한 경사에서도 사용할 수 있는 여유를 두었다. 이 간격은 실험실에서 주행시험장까지의 이동 등 실험 상황 이외에서 중요할 수 있다.

측면은 8개의 얇은 금속판으로 구성되어 측면, 정면 어느 방향에서도 둔각을 이루고 있다. 상단 역시 평면으로 디자인 되었고, 전체 표면에는 노출된 부착물이 전혀 없으며, 사용 편의를 위한 정비창이 상단에 위치한다. 최종 디자인은 Fig. 1에 나타나 있다.

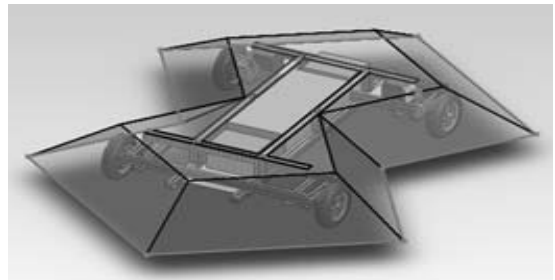


Fig. 1 Outside shape of the AUTOCS

시각 센서의 탐지율을 낮추기 위해 특수 제작된 패턴의 프린트가 측면과 상단에 부착된다. 패턴과 색은 기본적으로 아스팔트에서 추출하여, 탐지율을 낮추고 아스팔트 지면과 프린트의 경계면 사이가 자연스럽도록 디자인되었다. 또한 포장시기에 따라 다른 아스팔트의 다양한 색상에 맞춰 수정이 용이하도록 하였다. 적용된 프린트의 패턴은 Fig. 2와 같다²⁾.



Fig. 2 Applied pattern print of the AUTOCS

Table 1 Design requirement specifications of AUTOCS

RCS	Less than 120 % of the Target Object
Max. Payload	Over 60 kg
Max. Speed	Over 30 km/h
Position Accuracy	30 cm
Payload Type	Motorcycle, Manikin, Reflection Cube and other obstacles on road
Driving Modes	Remote Control, Path Following, Replay

시각 센서의 물체 탐지 알고리즘은 대부분 물체의 그림자를 이용하는 것이 있기 때문에 그림자를 무효화시키는 기능이 필요했다. 이에 그림자 강도를 낮추기 위해 하단에 조명 시스템을 갖췄다.

2.2 구조

AUTOCS는 외부와 내부의 두 가지 핵심 구조물로 이루어졌다. 외부 구조물은 8개의 얇은 측면 판, 상단 판과 이들을 지지하는 구조물로 이루어진다. 내부 구조물은 메인 프레임 구조물이고 이 내부에 제어박스가 위치한다.

외부 구조물은 용접된 전체 하나의 구조물로 이루어져 몇 개의 볼트를 통해 중심부와 연결되며, 작업자의 편의성을 고려한 무게를 갖는다. 이는 수리와 교체가 용이하도록 하기 위함이다. 내부에는 제어박스가 위치한다. 이는 두꺼운 판으로 만들어져 고가의 제어 부품들을 보호한다. 실험에서 제어박스는 2.5 ton의 트럭이 밟고 지나갔을 때에도 안전하게 부품을 보호하였다. 내부 구조물에는 배터리, 조향부품, 샤프트와 구동 모터 등이 위치하고 구성 품목들은 2.4절에서 다룬다.

Fig. 3과 같이 마네킹이나 오토바이 등 타겟 물체를 장착시키기 위해 두 가지의 무게중심 위치가 설계 시에 고려되었고, 이는 실험에서 각각 60 kg Payload가 평가 되었다.



Fig. 3 AUTOCS with a manikin payload

2.3 동력장치

조향 시스템은 전륜 조향 시스템으로 하나의 모터를 통해 조정되고 관련 메커니즘과 연결된다. 후면부에 두 개의 구동 모터가 있으며 휠 샤프트는 타이밍 벨트를 통해 구동 샤프트와 연결된다. Fig. 4는 내부 동력 시스템의 배치도이다.

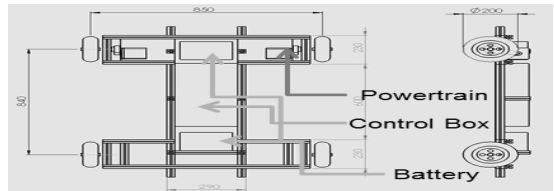


Fig. 4 Powertrain of AUTOCS

동력 시스템은 AUTOCS가 50 km/h의 속도로 달릴 수 있는 충분한 파워를 제공한다. 탑재물을 장착하지 않은 AUTOCS의 총 중량은 약 70 kg이다.

충분한 안정성을 요구하기 위해 휠베이스와 트랙을 신중히 선택해야 한다. Payload를 장착한 상태에서 롤 오버 위험을 평가하기 위한 주요 수단 중에 하나인 정적 안정성 계수(SSF; Static Stability Factor)는 약 1.1로 풀 사이즈 미니 밴의 평균 수치에 가깝도록 하였다. 이는 식 (1)과 같이 계산하고 AUTOCS의 크기를 최소화하기 위하여 2003년 미국에서 제시된 차종별 평균 SSF 중 가장 적은 수치인 풀 사이즈 미니 밴을 기준으로 하였다. 솔리드웍스를 이용하여 질량중심과 모멘트를 얻었고 그 값은 Table 2에서 볼 수 있다.

$$SSF = \frac{T}{2H} \quad (1)$$

Table 2 Calculation of C.M. for AUTOCS

C.M. (0.00, 33.90, 556.17)		
Inertial Axis		
$I_x = (0, 0.01, 1.00)$	$P_x = 227 \times 10^6$	
$I_y = (1.00, 0, 0)$	$P_y = 991 \times 10^6$	
$I_z = (0, 1.00, -0.01)$	$P_z = 1,190 \times 10^6$	
Inertial Moments (C.M. Fixed Coordinate)		
$L_{xx}, 991 \times 10^6$	$L_{xy}, 0$	$L_{xz}, 0$
$L_{yx}, 0$	$L_{yy}, 1,190 \times 10^6$	$L_{yz}, 7699 \times 10^3$
$L_{zx}, 0$	$L_{zy}, 7,699 \times 10^3$	$L_{zz}, 227 \times 10^6$
Inertial Moments (User Coordinate)		
$I_{xx}, 3,076 \times 10^6$	$I_{xy}, 0$	
$I_{yx}, 0$	$I_{yy}, 3,267 \times 10^6$	$I_{yz}, 134 \times 10^6$
$I_{zx}, 0$	$I_{zy}, 134 \times 10^6$	$I_{zz}, 234 \times 10^6$

2.4 제어 시스템

제어 시스템은 MCU, DGPS RTK, 2개의 RF모뎀, 2개의 모터 제어장치, 3축 가속도센서, 3축 자이로, geo-magnetic센서로 이루어져 있다. 위치정보는 관성 측정 장치와 DGPS RTK를 이용해 받는다. DGPS RTK의 기준점은 운영 서버의 근처에 위치해야 하고 복수의 로버 스테이션을 갖는다. DGPS RTK 시스템은 AUTOCS가 30 cm 이내의 오차범위를 갖도록 도와주고 관성 측정 장치는 속도와 방향을 제공해 AUTOCS의 Path Following 모드를 가능하게 한다. RF모뎀은 각각 DGPS RTK 오류 정정신호의 교환, 운영서버간의 연결을 담당한다. 이 시스템은 비상정지와 역주행 기능이 가능하도록 하였다. Fig. 5에서 간략하게 볼 수 있다.

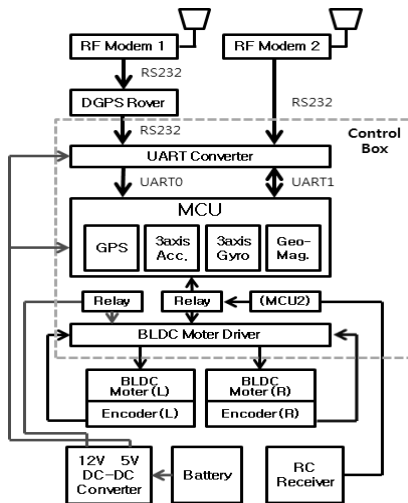


Fig. 5 The control system of the AUTOCS

AUTOCS는 3개의 주행모드가 가능하도록 설계하였다. 먼저 Remote Control 모드로 리모컨이나 PC등의 컨트롤러를 이용해 AUTOCS를 조종하는 방법이다. 많은 실험 시나리오에서 타겟은 한 장소에서 다른 장소의 이동만이 필요하고 다음 실험 단계를 위해 다시 배치를 해야 하므로 이 모드는 AUTOCS의 활용상 중요한 기능이다. 두 번째는 Path Following 모드이다. 사용자는 경로와 각 위치에서의 속도를 미리 설정하고 AUTOCS는 사전에 지정된 길을 따라 주행하게 된다. 경로와 각각의 위치에 따른 속도가 고정되면 운영서버는 필요한 데이터를 전송해 미리 입력된 명령에 의해

주행된다. Fig. 6은 운영서버의 경로 설정 UI 화면이다. 세 번째로 Replay 모드이다. 이 모드는 이전의 주행에서 기록된 길을 따라 달리는 모드로 반복적인 실험에서 유용하게 사용 가능하다. 현재 Remote Control 모드가 개발되었고 운영서버 시스템뿐 아니라 Path Following 모드가 개발 완성단계이다.

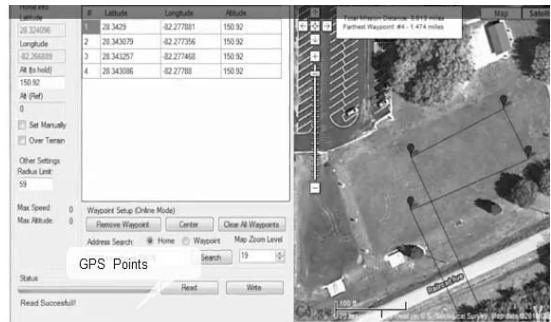


Fig. 6 The path designing UI of the operating server

3. 실험 결과

3.1 실험 장비

실험은 Fig. 7과 같이 성능시험장(PG)에서 진행하였고 최고 60 km/h~65 km/h의 속도, 오차 30 cm 이하의 위치 정확도를 보여주었다. 실험에서의 중량은 실험 장비를 포함하여 100 kg 이상이였다. 실험장비는 오차 범위 2cm의 정확한 DGPS RTK와 220 V의 에너지를 공급하는 UPS(무정전 전원 공급 장치), 타겟인 마네킹을 포함하였다. 고도의 정확성을 가진 DGPS RTK는 위치 참조 장치로 사용되었다.

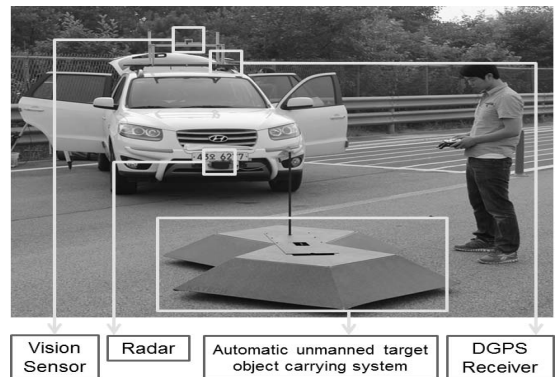


Fig. 7 Target test with AUTOCS

3.2 모터 출력실험

타깃을 장착하지 않은 상태의 AUTOCS로 실험을 진행하였고, 60 km/h의 속력으로 모터의 출력을 실험하였다. AUTOCS 내부에 장착된 2개의 모터는 5000 RPM까지 안정한 상태를 보였고 이에 대한 그래프를 Fig. 8에서 볼 수 있다. 그래프의 수평축은 속도, 수직축은 토크를 나타낸다.

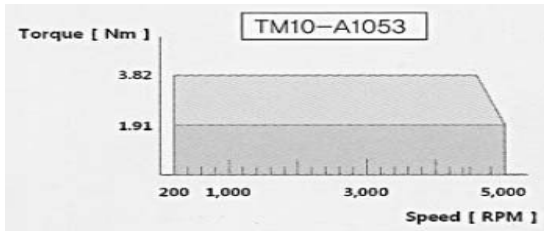


Fig. 8 Result of motor test

3.3 레이더 탐지 실험

레이더 실험은 레이더에 인식될 수 있는 물체가 없는 주행시험장(PG)에서 진행하였다. 레이더는 D사의 제품으로 Fig. 7과 같이 실험차량 전면 범퍼에 장착되었다. Fig. 9와 같이 차량 내부에서 레이더의 탐지 여부를 실시간으로 볼 수 있으며 AUTOCS는 차량 내부에서 리모컨으로 조종하였다. 이 실험에서 사용된 레이더는 AUTOCS를 탐지하지 못하였다.



Fig. 9 A radar test result of AUTOCS

4. 결론

본 연구에서는 레이더나 시각 센서의 탐지율이 낮은 무인 타깃 이동 시스템(Automatic unmanned target object carrying system, AUTOCS)이 개발되었다. 이 시스템은 속도, 위치정확성, 중량과 RCS 면에서 좋은 성능을 보였지만 시각 센서의 감지부분에서 여전히 많은 실험이 필요했다. 또한 주행모드 중 Remote Control 모드가 있지만 Path Following 모드와 Replay 모드는 여전히 개발 중이다. 현재 더 강력한 구동 모터, 더 낮은 RCS와 더 좋은 성능의 MCU를 탑재한 AUTOCS를 개발 중이다.

개발된 AUTOCS는 우선 대형 트럭 및 버스를 위한 AEBS 시스템과 다른 ASV 시스템의 개발에 사용되었다³⁾. 보행자, 오토바이 충돌 실험 등 실제 보행자 및 운전자 진행하기 힘든 실험에서 사용할 수 있다. AUTOCS는 향후 지속적으로 ASV 시스템 개발에 사용될 것이다. KATRI와 주요 시험에 사용하는 것을 협의 중이며, 대구경북자동차부품진흥재단의 주행시험장에 주요 장비로 제공될 예정이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원의 연구비지원(11PTSI-C054118-03)을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Si-bok Yu, Soo-young Lee, Moon-sik Kim, Tae-seung Kim, Jin-myung Woo, Dong-jun Shin, 2010, 'Development of VR and T-car Based Testbeds in KATECH for ASV and Telematic,' 17th ITS World Congress Busan.
- (2) Youngwan Shim, Hongik Unveristy, M.S. Thesis, 2004, A Research on the Pattern Design of Korean Army Uniforms for Improving the Camouflage Characteristics.
- (3) In-Sung Song, Si-bok Yu, Eun-jeong Kim, Mun-Sik Kim, 2012, 'Car Radar and Vision Sensor Test for Heavy Truck AEBS,' AVEC 2012, Seoul.
- (4) In S. H. Jeong, J. E. Lee, S. U. Choi, J. N. Oh, K. H. Lee, 2012, Technology Analysis And Low-Cost Design of Automotive Radar for Adaptive Cruise Control System, IJAT 2012 12, vol. 13, No. 7, pp. 1133 - 1140