

논문 2018-13-20

# AVM 카메라와 융합을 위한 다중 상용 레이더 데이터 획득 플랫폼 개발

(Development of Data Logging Platform of Multiple Commercial Radars for Sensor Fusion With AVM Cameras)

진영석, 전형철, 신영남, 현유진\*

(Youngseok Jin, Hyeongcheol Jeon, Young-Nam Shin, Eugin Hyun)

**Abstract** : Currently, various sensors have been used for advanced driver assistance systems. In order to overcome the limitations of individual sensors, sensor fusion has recently attracted the attention in the field of intelligence vehicles. Thus, vision and radar based sensor fusion has become a popular concept. The typical method of sensor fusion involves vision sensor that recognizes targets based on ROIs (Regions Of Interest) generated by radar sensors. Especially, because AVM (Around View Monitor) cameras due to their wide-angle lenses have limitations of detection performance over near distance and around the edges of the angle of view, for high performance of sensor fusion using AVM cameras and radar sensors the exact ROI extraction of the radar sensor is very important. In order to resolve this problem, we proposed a sensor fusion scheme based on commercial radar modules of the vendor Delphi. First, we configured multiple radar data logging systems together with AVM cameras. We also designed radar post-processing algorithms to extract the exact ROIs. Finally, using the developed hardware and software platforms, we verified the post-data processing algorithm under indoor and outdoor environments.

**Keywords** : Sensor fusion, Automotive radar, Radar data logging system

## 1. 서론

오늘날 차량에는 운행 중 운전자의 안전을 최우선으로 고려하기 위한 다양한 시스템들이 장착되고 있다 [1]. 실제 차량 운행 시 여러 가지 위험한 상황에 노출되는데, 이때 운전자의 인지 능력만으로

이를 극복하기에는 한계가 있다. 그래서 오늘날 지능형 자동차는 다양한 센서들을 활용한 능동안전 시스템 (ADAS, Advanced Driver Assistance System)을 장착하여 운전자의 주행 안전성을 지원하고 있다.

능동안전을 위한 센서 중 가장 널리 사용되는 센서는 비전-센서와 레이더 센서이다 [1]. 비전-센서는 피쳐 (feature) 형태로 객체를 탐지함으로써 효과적으로 물체를 인식할 수 있지만, 조도 및 날씨 등과 같은 외부 환경에 민감하고 거리 해상도가 낮고 속도를 정확하게 탐지 할 수 없다. 반면 레이더 센서는 외부 환경의 영향에 강인하고 거리와 속도 정밀도가 우수하지만, 각도 해상도가 낮고 물체를 포인트 (point) 형태로 탐지함으로써 객체 인식 및 분류에 한계를 가진다.

최근에는 비전-센서와 레이더 센서들의 단점을 극복하고 효율적인 물체 인지를 위해 센서 융합 기반 시스템이 개발 되고 있다 [2, 3]. 그림 1은 전방

\*Corresponding Author (braham@dgist.ac.kr)

Received: Apr. 27 2018, Revised: July 20 2018, Accepted: July 26 2018.

Y. Jin, H. Jeon, E. Hyun: DGIST, Y. Shin : SL corporation

※ 본 연구는 연구개발특구진흥재단의 대구연구개발특구본부에서 지원하는 기술이전사업화 사업 (2017-DG-0001) 및 과학기술정보통신부에서 지원하는 대구경북과학기술원의 기관과유사업 (18-IT-01)과 일반사업 (18-FA-07)에 의해 수행되었습니다.

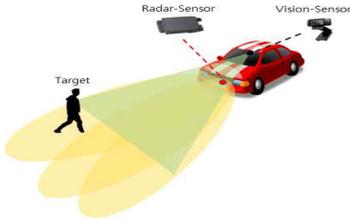


그림 1. 비전과 레이더 센서 융합 개념

Fig. 1 Vision and radar-sensor fusion concept



그림 2. AVM 센서 융합 영역 예시

Fig. 2 Example of sensor fusion area for around view monitor

의 객체를 탐지하기 위해 장착된 비전-레이더-센서의 융합 개념도이다.

현재 ADAS 시스템에서 360도 전방위 감시를 위해 AVM (Around View Monitoring) 기능이 사용되고 있다. 기존 AVM 시스템은 카메라 기반으로 구현되어 있으며, 저속주행 시 사각지대의 상황을 운전자가 판단 할 수 있도록 탑-뷰 (top-view) 영상을 제공하고 있다. 그러나 최근에는 단순한 모니터링 기능뿐 아니라 보행자 등의 위험 상황을 센서가 인식하는 기능도 요구되고 있다.

하지만, AVM 위해 사용되는 광각 렌즈의 특성상, 이동 타겟을 정확하게 탐지하기에는 거리가 매우 짧다. 아울러 렌즈의 가장자리 영역에서는 영상이 왜곡된다는 단점을 가지고 있다. 이에 이동 타겟의 탐지 성능이 뛰어난 레이더 센서와의 융합을 통해 보다 성능이 개선된 AVM 시스템을 구현 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 레이더와 AVM 카메라 간의 융합 개념을 제안한다. 그림 2와 같이 융합 영역 부분에서 AVM 카메라와의 센서 융합을 통해 타겟을 탐지하고, 일정한 근거리를 벗어나는 영역에서는 레이더 단독으로 타겟을 탐지하는 구조이다.

또한 본 논문에서는 별도의 레이더 제작 없이 상용 레이더를 이용하여 AVM 카메라와의 융합 시스템을 구축했다.

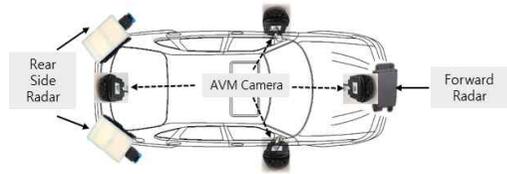


그림 3. 센서 모듈 장착 위치

Fig. 3 Sensor module installation location

이를 위해, 우선 선행 연구 [4]를 통해 구축된 하드웨어 플랫폼을 기반으로 다중 레이더 동작 및 데이터 획득을 위한 플랫폼을 구축했다. 이를 검증하기 위해 챔버실 및 야외에서 실험을 진행했다.

아울러 획득된 데이터를 이용하여 AVM 센서 융합을 위한 레이더 후 처리 알고리즘 개념 및 처리 결과도 소개한다. 분석된 데이터는 향후 영상 데이터와의 융합에 유용하게 활용될 수 있다.

## II. 레이더 데이터 획득 시스템 구현

### 1. 상용 레이더 모듈

차량에서는 일반적으로 전방 충돌 감시를 위해 차량 중앙에 전방 레이더 1개를 장착하고, 사각지대 등 측후방 감시를 위해 뒷 범퍼의 오른쪽 및 왼쪽 모서리에 후측방 레이더 1개씩 장착한다. 본 논문에서는 사용한 델파이 社 77GHz 차량용 레이더 역시 이러한 앞뒤 구성을 가진다.

첫 번째로 차량 전방 중거리 탐지용 레이더는 ESR (Electrical Scan Radar) 시리즈 제품을 사용했다 [5]. 총 64개의 트랙이 탐지 가능하며, 타겟의 탐지 속도 범위는 -100m/sec ~ 40m/sec 이다. 또한 탐지 거리 범위가 1m ~ 60m 이고, 탐지 각도 범위는 ±45도이다. 차량의 전방 정중앙에 장착되며, 상세한 제원은 표 1에 설명되어 있다.

두 번째로 차량 양쪽 후측방 탐지용 레이더는 SRR (Short Range Radar system) 시리즈 제품을 사용했다. 이는 사각지대 및 후방측방 인접 차량 탐지용으로, 역시 64개의 타겟이 동시에 탐지 가능하다 [6]. 속도 탐지 범위는 -50m/sec ~ +10m/sec 이고, 거리 탐지 범위가 0.5m ~ 80m 이다. 사각지대까지 탐지를 해야 되기 때문에 ESR 비해 넓은 ±75도의 각도 범위를 가진다. 차량의 좌/우 뒷 범퍼 모서리에 장착되며, 상세한 성능은 표 2에 나타내었다.

ESR과 SRR 모두 CAN (Controller Area Network)을 통해 명령제어 및 데이터 수신을 할

표 1. 델파이 ESR 레이더 제원  
Table 1. Delphi ESR radar specification

| Parameter           | Spec.              |
|---------------------|--------------------|
| Operating frequency | 76 ~ 77 GHz        |
| Detection Range     | 1 m ~ 50 m         |
| Distance accuracy   | ±0.25 m            |
| Detection rate      | -100 m/s ~ +40 m/s |
| Velocity accuracy   | ±0.12 m/s          |
| Detection angle     | ±45 deg            |
| Angle accuracy      | ±1 deg             |

표 2. 델파이 SRR 레이더 제원  
Table 2. Delphi SRR radar specification

| Parameter           | Spec.             |
|---------------------|-------------------|
| Operating frequency | 76 ~ 77 GHz       |
| Detection Range     | 0.5 m ~ 80 m      |
| Distance accuracy   | ±0.5 m            |
| Detection rate      | -50 m/s ~ +10 m/s |
| Velocity accuracy   | ±0.125 m/sec      |
| Detection angle     | ±75 deg           |
| Angle accuracy      | ±1 deg            |

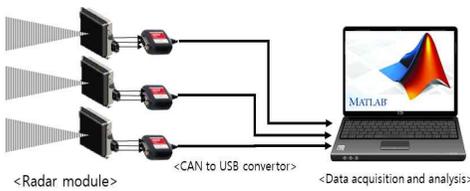


그림 4. 레이더 데이터 획득 시스템 개념도  
Fig. 4 Radar data logging system concept

수 있다. 본 논문에서는 ESR 1대와 SRR 2대로 구성된 다중 레이더 기반으로 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 구축했다. 그림 3은 각 레이더 센서 모듈 및 AVm 카메라 모듈 장착 위치 그림이다.

2. 다중 레이더-센서 데이터 획득 시스템 구현

그림 4는 본 논문에서 구축한 레이더 데이터 획득 시스템 개념도 이다. 3개의 레이더 모듈과 PC간의 CAN 통신 연결은 CAN-USB 변환 장치인 벡터社의 VN1610 장치를 사용했다 [7]. PC에서는 레이더 제어 및 데이터 시뮬레이터를 구현했다. 즉, CAN 통신을 통해 여러 대의 레이더 모듈을 제어하고 실시간으로 데이터 확인 할 수 있다. 또한, 사용자가 저장할 패킷 필드를 선택할 수 있고, 저장을 원하는 전체 패킷 수량도 지정할 수 있다.

그림 5는 PC에서 구현된 레이더 제어 및 데이터 획득 시뮬레이터를 나타낸다. 시뮬레이터는 매트랩 (Matalb) 기반으로 구현한 S/W 영역과, CAN 인터페이스를 위한 송수신 버퍼인 H/W 부분으로 구성된다. 아울러 각 메모리는 CAN을 통해 실제 레이더와 연결된다.

전체 동작 순서의 상세한 설명은 아래와 같다.

- ① CAN 환경 및 버퍼를 초기화 한다.

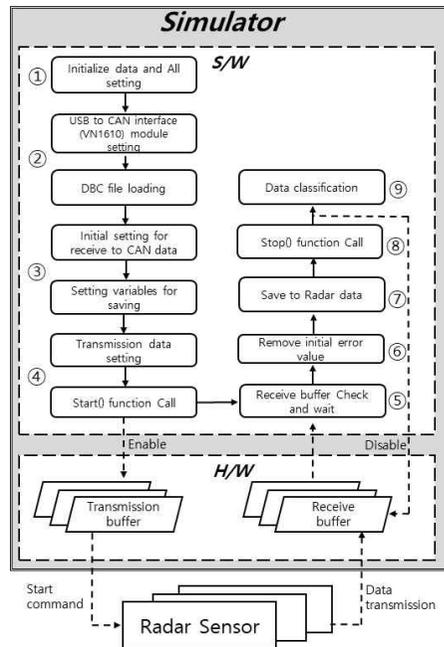


그림 5. 레이더 제어 및 데이터 획득 소프트웨어 순서도

Fig. 5 System software flowchart for radar control and data logging

- ② PC와 연동할 CAN 인터페이스를 설정하고, 수신 CAN 데이터 DBC (DataBase for Can) 파일을 연결한다.
- ③ CAN 수신 환경을 설정하고 수신 데이터 저장을 위한 변수 값을 설정한다.
- ④ 레이더 모듈의 시작을 위해 송신 명령어 메시지를 송신버퍼에 저장하고, Start 함수를 통해 레이더를 동작시킨다.

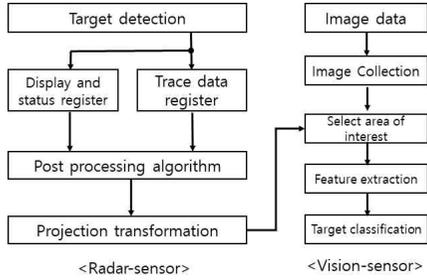


그림 6. 비전-센서와 레이더-센서 융합 개념도  
Fig. 6 Vision-sensor and radar-sensor fusion block diagram

- ⑤ 동작중인 레이더로부터 데이터가 수신 버퍼에 저장되는지를 모니터링 한다.
- ⑥ 최초 부팅된 레이더의 초기 수신신호에 비정상적인 정보가 수신되므로 이를 제거한다.
- ⑦ 사용자가 지정한 프레임 수만큼, 수신 데이터를 지정된 변수에 저장한다.
- ⑧ Stop 함수를 실행하여 CAN 데이터 수신을 비활성화 하여 CAN 인터페이스를 종료 한다.
- ⑨ 저장된 데이터를 유의미한 ID 별로 분류하여, PC 하드디스크에 파일로 저장한다. 이때 3개의 레이더의 데이터를 종류별로 분류하여 저장한다.

3. 레이더 후 처리 알고리즘

비전 센서와 레이더 센서의 융합 기법은 대략 3 가지 레벨로 나눌 수 있다. 첫 번째인 상위-레벨 융합은 카메라와 레이더의 탐지 결과를 이용하는 방법이다. 두 번째는 영상 신호처리 과정에서 추출된 엣지, 코너, 객체 좌표 등과 레이더 신호처리에서 생성된 타겟별 스펙트럼 특성 등을 이용한 한 중간-레벨 융합 방법이다. 마지막으로 영상 및 레이더의 원시-신호 (raw signal) 기반의 하위-레벨 융합 기법이다 [8].

그 중 하위 레벨 융합은 아직 연구 분야가 미흡하며, 중간 레벨 융합은 레이더-센서와 비전-센서의 개발 단계에서부터 융합 신호처리 기법이 적용되어야 한다. 이에 반해 상위 레벨 융합은 상용 레이더와 비전-센서 기반으로도 가능하기 때문에, 가장 활발히 적용되고 있는 융합 기법이다.

기존 연구들에서 제시된 센서 상위-레벨 융합 알고리즘은 확률적 접근 방법으로 대부분 칼만 필터 기반으로 개발된 PDAF (Probabilistic Data Assentation Filter) 및 IMM (Interactive Multiple Model-PDAF) 등이 활용되고 있다. 하지만 확률

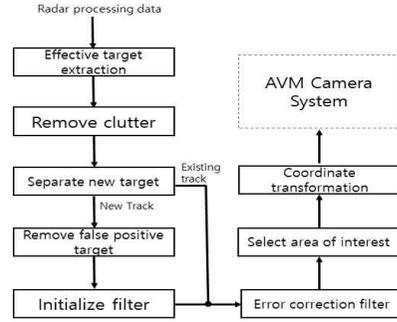


그림 7. 레이더 후처리 알고리즘 블록도  
Fig. 7 Radar post-processing algorithm block-diagram

분포를 이용한 방법은 계산량이 많다는 단점이 있어 [9, 10], 본 논문의 목표인 근거리 AVM 영역에 적용하는 데는 한계가 있다.

따라서, 본 논문에서는 레이더가 타겟의 ROI (Region Of Interest)를 생성하고, 이를 이용하여 영상 센서가 타겟을 인지하는 상위-레벨 센서 융합 개념을 기반으로 한다. 이때 AVM 카메라와 상용 레이더의 융합 성능 향상을 위해서는 정확한 레이더 ROI 정보가 비전-센서에 전달 될 수 있어야 한다. 특히 근거리에서 타겟의 다중 산란점에 의해 타겟의 각도 탐지 성능이 떨어 질 수 있으므로, 이러한 에러를 보정하기 위한 방법도 필요하다.

그림 6은 본 논문에서 구현된 레이더와 비전-센서의 상위 레벨 융합 개념도 이다.

우선 상용 레이더로부터 탐지된 타겟 정보와 상태 정보를 기반으로 후처리 알고리즘을 적용한다. 그 결과를 직교 좌표로 변환하여 비전-센서로 전송한다. 그러면 비전-센서는 레이더로부터 수신한 관심 영역의 픽셀 및 이미지 정보를 기반으로 특징을 추출하고 타겟을 분류한다.

제안된 상위 레벨 융합 성능은 레이더-센서의 ROI 정보의 정확도와 낮은 오정보율이 매우 중요하다. 이를 위해 그림 7과 같이 본 논문에서는 후처리 알고리즘을 구현 하였다. 각 단계별 설명은 아래와 같다.

- ① 유효 타겟 추출 : 수신된 데이터의 플래그 정보를 이용하여, 유효한 타겟 정보만 추출 한다.
- ② 클러터 제거 : 레이더가 장착된 차량의 자기-속도 (ego-velocity)와 수신된 타겟의 속도 정보의 차이가 허용 기준값 보다 낮을 경우 클러터로 분류한다. 이때 허용 기준값은 야외 실험을 통해 통계적으로 결정한다.

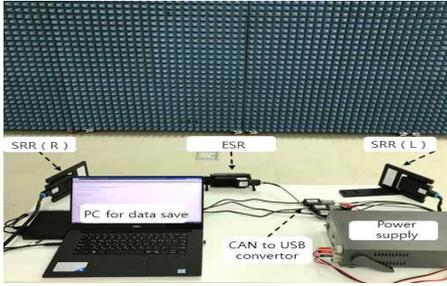


그림 8. 다중 레이더 데이터 획득 테스트 환경  
Fig. 8 Multiple radar data logging test environment

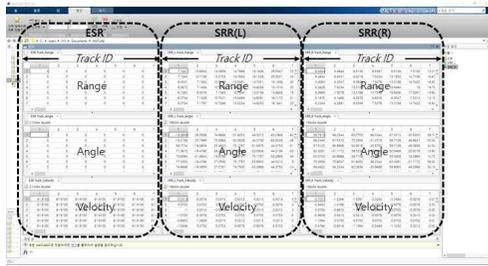


그림 9. 다중 레이더 획득 데이터  
Fig. 9 Multiple radar logging data

표 3. 챔버실 규격

Table 3. Chamber specification

| Parameter             | Spec.                |
|-----------------------|----------------------|
| Shape                 | Rectangle            |
| Size (L × W × H)      | 10m × 5m × 4m        |
| Shielding performance | 60dB at 8GHz         |
| Absorber performance  | -40dB over (at 8GHz) |

- ③ 신규타겟 분리 : 현재 프레임에 새로이 등장한 타겟일 경우 신규트랙으로 분리하고, 그렇지 않을 경우 기존트랙이므로 에러 보정 필터로 타겟 정보를 입력한다.
- ④ 오탐지 타겟 분리 : ③ 단계에서 신규로 판정된 타겟의 경우 고스트 타겟인지 아닌지 판단이 필요하다. 연속으로 두 개의 프레임에 타겟이 등장한 경우, 실제 타겟으로 확정 할 수 있다.
- ⑤ 필터 초기화 : ③과 ④ 단계에서 실제 타겟으로 판단된 트랙의 경우, 에러 보정 필터 동작을 위해 입력 값을 초기화한다.
- ⑥ 에러 보정 필터 : 레이더는 타겟의 거리와 속도 정확도가 매우 높은 반면, 각도 타지 성능은 다소 떨어진다. 특히 이동 타겟이 레이더에 근접할 경우 여러 각도에 걸쳐 타겟이 위치 할 수 있어, 탐지된 각도 값의 분산이 커지는 상황이 발생할 수 있다. 이를 위해 재귀형-최소자승-필터 (recursive least square filter)를 본 논문에서는 이용했다. 이 필터를 통해 이동 타겟의 각도 레적을 추적하여 분산 오차를 최소화 시킬 수 있다.
- ⑦ 관심 영역 선정 : AVM 영상이 관심 있는 거리-각도 내의 타겟들을 선택한다. 이 과정에서 단일 타겟으로부터 추출 될 수 있는 다중 산란점을 그루핑을 통해 하나의 타겟 정보로 통합한다.

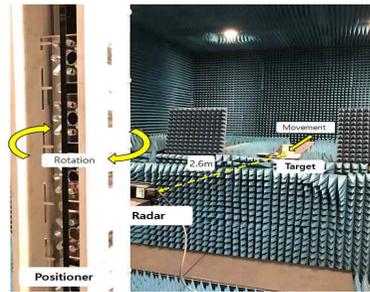


그림 10. 챔버실 실험 환경  
Fig. 10 Chamber experiment environment

- ⑧ 좌표 변환 : 레이더에서 탐지된 타겟 정보는 원통좌표 (거리-각도)이므로, 탐부 기준의 x-y 좌표 형태로 변경한다. 이 정보는 향후 AVM 카메라 센서의 픽셀 정보와 매칭되어 센서 융합 알고리즘이 적용 된다.

### III. 레이더 데이터 획득 시스템 검증 및 데이터 분석

#### 1. 다중 레이더-센서 데이터 획득 검증

다중 레이더-센서 데이터 획득은 그림 8과 같이 레이더 모듈 3개를 동시에 연결하여 검증했다. 그림 9는 실시간으로 3개의 레이더로부터 다중 데이터를 획득하여 화면에 출력한 결과이다. 획득된 데이터는 각 모듈별 트랙 ID에 따라 거리, 각도, 속도 정보가 저장된다.

#### 2. 레이더 획득 데이터 분석

AVM 카메라 영상과의 융합을 위해 우선 레이더 데이터 분석실험을 진행했다. 신뢰성 있는 데이터 획득을 위해 DGIST에 구축된 고주파 챔버실에서 실험을 진행했다. 고주파 챔버실은 길이 10m, 넓이

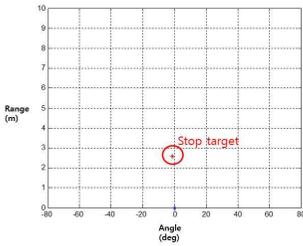


그림 11. ESR 레이더의 첫 번째 시나리오 실험 결과

Fig. 11 Measurement result of the first scenario using ESR

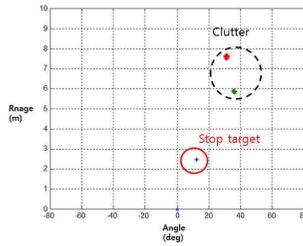


그림 12. SRR (좌) 레이더의 첫 번째 시나리오 실험 결과

Fig. 12. Measurement result of the first scenario using left SRR

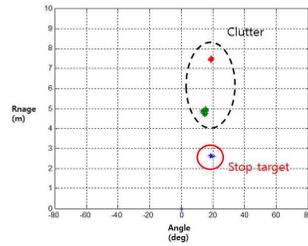


그림 13. SRR (우) 레이더의 첫 번째 시나리오 실험 결과

Fig. 13. Measurement result of the first scenario using right SRR

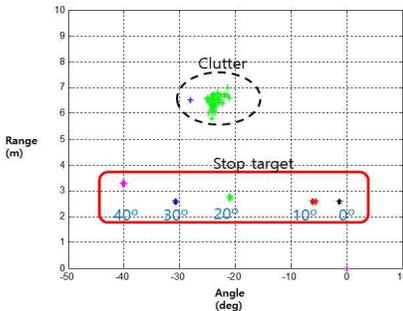


그림 14. ESR 레이더의 두 번째 시나리오 실험 결과 (타겟이 +각도에 위치)

Fig. 14. Measurement result of the second scenario using ESR; Targets are located in the positive angle area

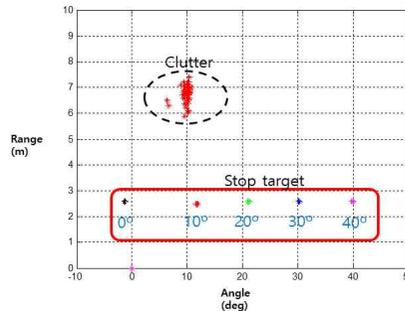


그림 15. ESR 레이더의 두 번째 시나리오 실험 결과 (타겟이 -각도에 위치)

Fig. 15. Measurement result of the second scenario using ESR; Targets are located in the negative angle area

5m, 높이 4m의 사각형 공간으로 주파수 범위 8GHz~110GHz까지 측정이 가능하며 상세한 규격은 표 3에 나타났다.

본 논문에서는 단일 타겟을 2.6m~5.4m 거리 범위에서 위치 후 실험을 진행했다. 그림 10은 챔버실 내 레이더 모듈과 타겟 간의 실제 실험 환경이다. 레이더와 타겟 간의 고정 거리는 2.6m이고 레이더를 장착한 포지셔너는 좌우로 회전이 가능하다.

실험 시나리오는 아래와 같이 총 3가지를 고려하였다.

- 정지타겟을 2.6m에 위치 (포지셔너 각도 0도)
- 정지타겟을 2.6m에 위치 (포지셔너 각도 -40 ~ 40도)
- 이동타겟을 2.6m ~ 5.4m 내에서 이동

그림 11~13은 정지 타겟이 2.6m에 위치한 첫 번째 시나리오의 실험결과로, ESR 레이더, SRR 레

이더 (좌측), SRR 레이더 (우측)의 결과를 나타낸다.

분석결과 ESR 레이더는 클러터 없이 정지 타겟만 출력됨을 확인했다. SRR 레이더에서는 정지 타겟 이외에 클러터 성분이 발견됨을 확인했다. 그 이유는 SRR이 ESR에 비해 넓은 탐지 각도를 가지고 있어, 챔버실 내 실험장비 등의 장애물들로부터 레이더 신호가 수신되었거나 상용 모듈 자체에서 출력된 나온 고스트 타겟인 것으로 판단된다.

다음은 두 번째 시나리오의 실험결과로, 이때 ESR 레이더의 실험 결과만 그림 14과 15에 나타났다. 그림 14는 레이더를 안테나 빔 중심을 기준으로 왼쪽 영역에 타겟이 위치하도록, 포지셔너의 각도를 0에서 -40도 까지 10도씩 변경한 결과이다. 반대로 그림 15은 타겟의 각도 위치가 0~40도에 위치하도록 포지셔너를 회전한 후 탐지한 결과이다.

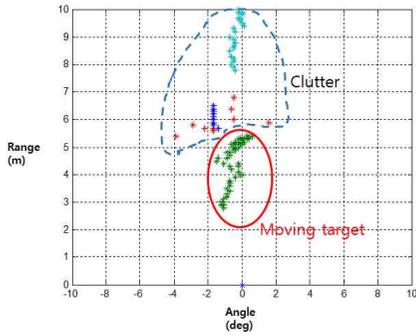


그림 16. 이동타겟 탐지 결과 (클러터 제거 전)  
 Fig. 16 Moving target detection results  
 (Before clutter cancellation)

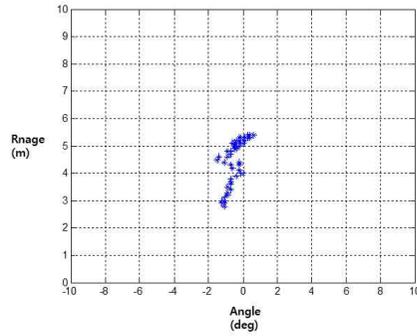


그림 17. 이동타겟 탐지 결과 (클러터 제거 후)  
 Fig. 17 Moving target detection results  
 (After clutter cancellation)

포지셔너 회전에 따른 챔버실 내 클러터 성분이 나타났고, 각도별 타겟에 오차가 조금 발생함을 확인할 수 있다.

이동 타겟 실험에서는 레이더 모듈 각도를 0도에 고정하고 타겟을 2.5m~5.4m까지 이동시켰다. 그림 16은 이동 타겟 실험 결과이다. 실험결과 타겟을 이동시키는 구동 장치의 부품 (모터 및 레일 등)에서 반사된 클러터가 발생하였다. 이동 타겟이 각도 0도 주변에서 탐지 되지만, 정지 타겟에 비해 각도 오차가 많이 발생함을 알 수 있다. 이는 타겟 이동시 산란점이 흔들림으로 인한 것으로 분석된다. 그림 17은 구현된 알고리즘에서 클러터 제거 기법을 적용한 결과이다.

### 3. 야외 환경 실험 결과

야외 실험에서는 실제 차량에 AVM 카메라와 상용 전방 레이더 모듈을 장착하고 실험을 진행했다.

레이더 및 카메라 센서를 장착한 차량은 정지된 상태에서 보행자가 10m 이내에서 차량으로 다가오는 시나리오를 고려하였고, 실제 AVM 카메라를 통해 촬영된 사진을 그림 18에 나타냈다. 실험을 통해 데이터를 획득하고 구현 알고리즘을 통해 분석했다.

그림 19는 획득된 데이터 중 유효 트랙에 해당하는 거리, 각도, 속도를 나타냈다. 가로축은 프레임 번호를 나타낸다. 챔버실 실험 결과보다 더 많은 클러터 성분과 고스트 타겟 성분이 나타남을 확인할 수 있다. 아울러 그림 19. (b)에서는 보행자가 레이더 센서에 가까워지면 각도 측정값의 분산이 많이 나타남을 확인할 수 있다. 또한 그림 19. (c)의 탐



그림 18. 야외 실험 AVM 영상  
 Fig. 18 Field experiment AVM image

지된 속도 성분에서도 클러터와 고스트 타겟이 나타났다.

그림 20은 획득된 데이터를 구현된 후처리 알고리즘에 적용한 결과이다. 우선 그림 20. (a)의 타겟 거리값에서는 클러터 및 고스트 성분이 제거되었으며, AVM 시스템의 센서 융합을 위한 영역의 결과만 나타난다. 아울러 그림 20. (b)에서는 각도 성분의 오차가 필터를 통해 보정되었음을 확인할 수 있다. 마지막으로 그림 20. (c)에서도 클러터 및 고스트 타겟 성분이 모두 제거 되었다.

이렇게 추출된 결과는 X-Y 좌표로 변환되어 ROI 정보로 카메라 센서에 전달된다.

## IV. 결론

본 논문에서는 차량용 AVM 카메라와 상위 레벨 융합을 위한 다중 레이더-센서 데이터 획득용 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 구현했다. 구현된 시스템은 DGIST 챔버실에서 단일 정지 및 이동 타겟 환경 기반으로 검증했다.

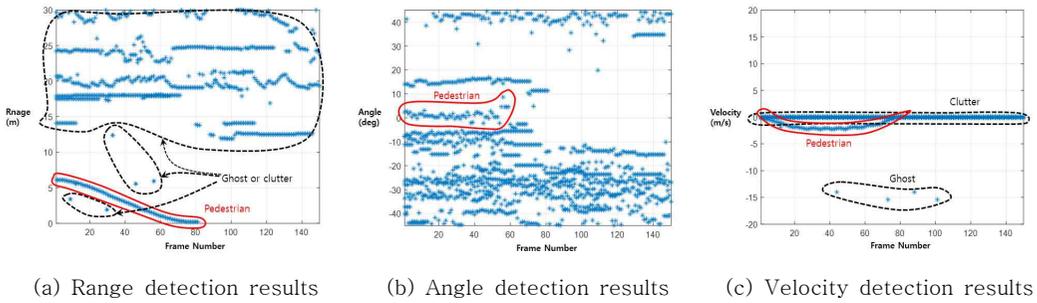


그림 19. 전방 레이더 후처리 전 데이터

Fig. 19 Measurement results of front radar data

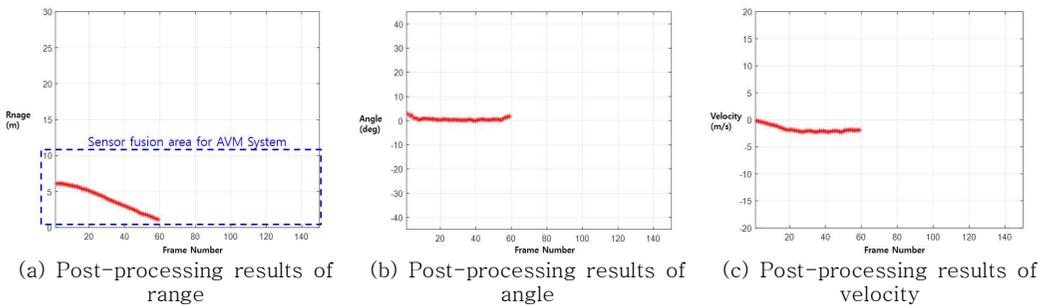


그림 20. 전방 레이더 후처리 결과

Fig. 20 Post-processing results of front radar data after

실험 결과 실제 타겟과 함께 챔버실 내 실험 장치 등으로부터 반사된 다양한 클러터가 존재함을 확인 하였고, 이동 타겟의 경우 각도 정보의 오차가 발생함도 확인했다. 또한 야외 실험을 통해 클러터 및 고스트 성분들이 존재함을 확인했다. 또한, 플랫폼을 통해 획득된 데이터를 사용하여 구현된 후처리 알고리즘의 탐지 성능 분석, 각도 오차 감소 및 정확한 ROI 좌표를 검출할 수 있음을 확인했다.

향후 구현 알고리즘 및 획득 시스템 고도화를 통해서 실시간 차량용 시스템을 구축할 예정이다. 아울러 차량용 상용 레이더와 AVM 카메라와 효율적인 융합을 위하여 다양한 시나리오 기반으로 레이더 실험을 진행할 것이다. 최종적으로는 AVM 카메라 단독으로 사용한 경우와 레이더 센서와 융합을 한 경우에 대한 성능도 비교 분석할 예정이다.

## Reference

[1] E. Hyun, Y. Jin, "Multi-level Fusion Scheme for Target Classification Using Camera and

Radar Sensors," Proceedings of Image Processing and Computer Vision, pp. 111-114, 2017.

[2] R.O. Chavez-Garcia, J. Burlet, T.D. Vu, O. Aycard, "Frontal Object Perception Using Radar and Mono-vision," Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 159-164, 2012.

[3] X. Wang, L. Xu, H. Sun, J. Xin, N. Zheng, "On-Road Vehicle Detection and Tracking Using MMW Radar and Mono-vision Fusion," Journal of IEEE transaction on Intelligent Transportation Systems, Vol. 17, No. 7, pp. 2075-2084, 2016.

[4] Y. Jin, H. Jeon, E. Hyun, "Implementation and Analysis of Radar Data Logging System for Fusion with AVM Sensor," Proceedings of IEMEK Conference, pp. 365-367, 2017.

[5] Delphi, "PDD-10017275-302.27\_Private CAN SERIAL communication specification", 2010.

- [6] Delphi, "RSDS Developmental-tools Serial Communication Specification", 2013.
- [7] CAN Network Interface, Available on [https://vector.com/vi\\_vn1600\\_en.html](https://vector.com/vi_vn1600_en.html)
- [8] R. Lindl, L. Walchshaus, "Three-Level Early Fusion for Road User Detection," Journal of PReVENT Fusion Forum e-Journal, Vol. 1 pp. 19-24, 2006.
- [9] S. Jang, Y. Kang, "A Study on IMM-PDAF Based Sensor Fusion Method for Compensating Lateral Errors of Detected Vehicles Using Radar and Vision Sensors," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 22, No. 8, pp. 633-642, 2016.
- [10] S. Lee, B. Song. "Situation Awareness Based Primary Vehicle Detection Using Radar and Vision Sensor Fusion," Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers, pp. 821-826, 2012.

### Youngseok Jin (진 영 석)



He received the B.S. and M.S. degrees in Communication Engineering from Daegu University, Korea, in 2010 and 2012. Since 2012, he is currently working in

Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST), Korea, as researcher. His current interests include Radar signal processing and implementation of FPGA/DSP.

Email: ysjin@dgist.ac.kr

### Hyeongcheol Jeon (전 형 철)



He is received B.S. degree in Computer Engineering and M.S. degrees in Electronic Engineering from Yeungnam University, Korea, in 2015 and

2018, respectively. Since 2018, he is currently working in Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST), Korea, as researcher. His current interests include Radar signal processing, implementation of FPGA and Embedded systems.

Email: hamtooree@dgist.ac.kr

### Young-Nam Shin (신 영 남)



He is received his B.S. and M.S. degrees in electronic engineering from Yeungnam University, Korea, in 2002 and 2005. Since 2005, he is currently

working in SL corporation as a principal research engineer. His interests are image processing (enhancement, detection, recognition, calibration) and sensor fusion.

Email: ynshin@slworld.com

**Eugin Hyun (현 유 진)**

He received his B.S., M.S., and Ph. D. degrees in electronic engineering from Yeungnam University, Korea, in 1999, 2001, and 2005. Since 2005,

he joined the Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST), Daegu, Korea, as a principal research engineer. Since 2007, he also joined in the Department of Electronic Engineering, the Undergraduate Colleges, Yeungnam University, Korea, as an adjunct professor. His primary research interests are the digital signal processing (detection, tracking, classification) of FMCW/UWB radar, implementation of FPGA/DSP, automotive radar application, the human motion indication applications, and sensor fusion.

Email: braham@dgist.ac.kr