

# SAR-IR 융합 기반 표적 탐지 기술 동향 분석

단일 센서 기반의 표적 탐지 문제에서 센서의 한계 요소에 의해 탐지 성능이 제한된다. 따라서, 최근 단일 센서 기반의 표적 탐지 성능을 향상시키기 위한 방안으로 각 센서의 강점을 효과적으로 융합하는 다중 센서 정보 융합 기반의 표적 탐지 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 센서 정보 융합을 위해서는 각 센서별 영상 획득, 각 영상의 기하학적 정합, 센서 정보 융합 기반의 표적 탐지 기술이 필요하며, 본 논문에서는 이에 대한 기술 및 개발 동향을 소개한다.

■ 임윤지, 원진주, 김성호\*, 김소현  
(영남대학교 전자공학과)

## I. 서론

다양한 센서 영상 기반의 표적 탐지 연구는 Automatic Target Detection (ATD) 및 Automatic Target Recognition (ATR) 분야의 핵심 기술 중 하나로, 국방 기술 분야에서 널리 연구되고 있다. 그러나, 단일 센서 기반의 표적 탐지 연구는 센서의 특성으로 인해 탐지 성능에 있어 분명한 한계를 갖는다[1]. 예를 들어, 가시광 영상(CCD)의 경우, 야간을 비롯한 저조도 환경에서는 영상 획득이 불가능하다는 한계가 있으며, 적외선 영상(IR)의 경우 날씨와 습도 등에 몹시 민감하다는 한계가 있다. 또한, 합성개구레이더 영상(SAR)의 경우 영상으로부터 특징 정보를 획득하는 것이 어려우며, 능동 센싱 방식으로 인해 적에게 발각되기 쉽다는 한계를 가진다[2].

따라서 최근에는 단일 센서 기반의 표적 탐지 성능을 향상시키기 위한 방안으로 서로 다른 센서를 이용한 정보 융합 연구가 활발히 수행되고 있다[3]. 센서 정보 융합 연구를 위해서는 각 센서의 강점을 효과적이며 상호보완적으로 융합하는 것이 중요하며, 센서 융합 연구의 대표적인 예로는 가시광 영상과 적외선 영상의 융합[4,5,6], EO 영상과 적외선 영상의 융합[7,8,9], SAR 영상과 적외선 영상의 융합 등이 있다[10,11,12].

본 논문에서는 센서 정보 융합 연구 중에서도 특히 SAR 센서와 IR 센서의 정보 융합 연구에 대한 기술 동향을 소개한다. II 장에서는 SAR IR 센서 정보 융합 연구를 위한 영상 데이터베이스 구축에 대해 소개하고, III 장에서는 센서 정보 융합 연구를 위한 기하학적 영상 정합에 대해, IV 장에서는 영상 융합기반의 표적 탐지 기법에 대해 소개한 뒤, V 장에서 결론을 통해 동향 소개를 마무리 한다.

## II. SAR IR 영상 DB 구축 기술

센서 정보 융합 연구를 위해서는 동일한 시점에서 동일한 공간에 대한 단일 센서 영상이 필요하다. 그러나, 이에 대한 영상 DB는 존재하지 않거나, 보안 문제로 인해 공개가 되지 않는다. 뿐만 아니라, 동일한 시/공간에 대한 실제 SAR IR 영상 획득은 비용과 시간적 측면에 있어 많은 어려움을 가진다. 이에 대한 해결 방안으로 합성 시뮬레이터를 이용한 영상 DB 구축이 있으며, 이 경우 다양한 환경에 대해 합성영상을 생성할 수 있다는 이점이 있다.

SAR 및 IR 영상 합성 시뮬레이터를 정리하면 표 1과 같다. 적외선 영상 합성을 위한 시뮬레이터는 DIRSIG와 Sensor Vision이

표 1. SAR 및 IR 영상 합성 시뮬레이터 종류.

시뮬레이터	개발 기관 (국가)	생성 대역
DIRSIG	Rochester Institute of Technology (미국)	EO/IR
SensorVision	MDI (미국)	EO/IR
Xpatch	SAIC (미국)	Radar/SAR
OKTAL SE	OKTAL (프랑스)	EO/IR/SAR

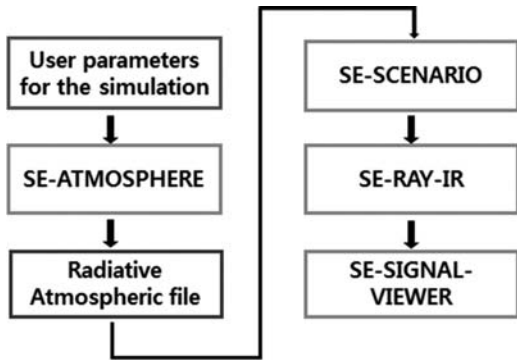


그림 1. OKTAL-SE의 합성 영상 생성 과정.

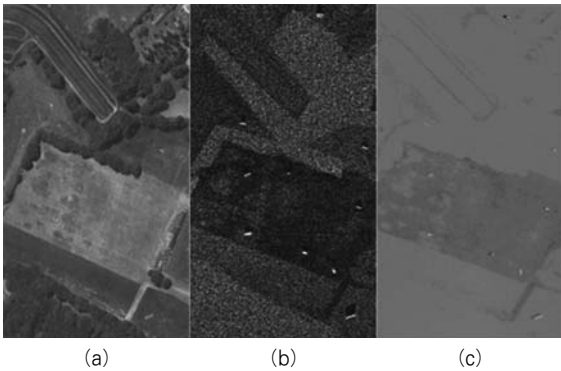


그림 2. OKTAL-SE를 통해 생성한 SAR 및 IR 합성영상의 예시. (a) 시나리오 환경, (b) SAR 영상, (c) IR 영상.

있으며, SAR 영상 합성을 위한 시뮬레이터는 Xpatch가 있다. SAR 영상과 IR 영상의 합성을 동시에 지원하는 시뮬레이터는 OKTAL SE사의 SE WORKBENCH 프로그램이 있으며, 이를 이용해 동일한 시/공간에 대해 재질 정보, 대기 조건 등을 반영한 다양한 시나리오에 대해 SAR와 IR에 대한 합성 영상을 생성할 수 있다[13,14].

OKTAL SE는 계절, 날씨, 시간, 기온, 대기 환경과 열잡음 파라미터를 입력하여 사용자가 원하는 조건의 영상을 합성할 수 있다. 그림 1은 OKTAL SE의 적외선 합성영상 생성과정을 나타낸 것이다. 건물 및 지형등의 3D 모델링 정보에 더불어 대기 방사, 기온 등의 환경 정보, 구름, 안개, 잡음 등의 특수 효과를 입

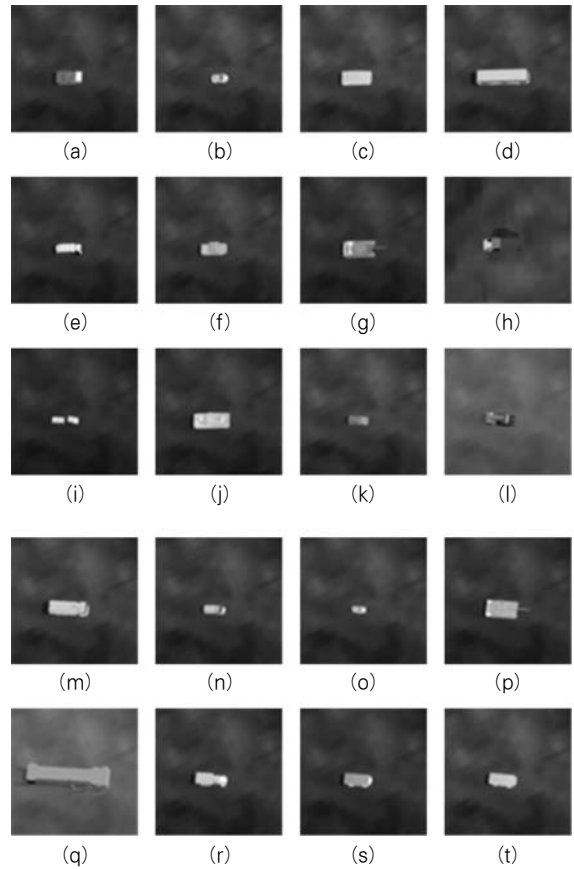


그림 3. 합성 영상 표적 DB 구축 예시 (a) AMX\_10 (b) audi\_tt, (c) BMP\_3, (d) bus, (e) car\_supply, (f) radar\_camo, (g) T\_72, (h) backstairs\_car, (i) bag\_car02, (j) sa-19Inch\_camo, (k) expert, (l) fire\_truck1, (m) firetruck, (n) ford.transit, (o) jeep, (p) leclerc, (q) naut\_gangway, (r) TMM, (s) VABOBS-A 330, (t) VABOBS-D\_330.

력하여 시나리오를 구성할 수 있다. 생성된 시나리오는 SE RAY 시뮬레이터를 이용하여 SAR 및 IR 합성 영상을 생성하게 된다. 생성된 합성 영상은 SE SIGNAL VIEWER를 통해 확인할 수 있으며, 센서 잡음을 추가할 수 있다.

여름 오전 10시, 맑은 날을 기준으로 MWIR 대역의 IR 영상을 합성한 결과 및 IR 영상의 표적 DB 생성 예시는 각각 그림 2, 그림 3과 같다.

### III. SAR IR 영상 정합 기술

영상 정합은 동일한 시간에 대해, 서로 다른 관점의 센서로부터 획득된 영상들의 위치적 대응관계를 찾는 기법으로, 각 센서

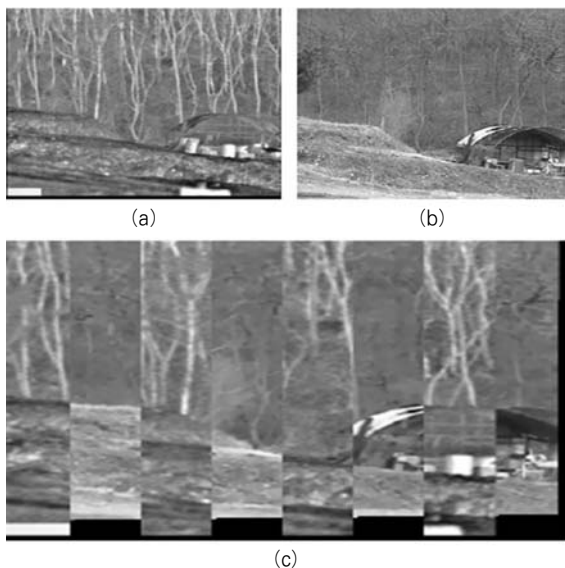


그림 4. 통계적 상관성 증대 기법을 이용한 EO-적외선 영상 정합 결과: (a) 적외선 영상, (b) EO 영상, (c) 영상 정합 결과[21].

의 영상을 기하학적으로 중첩하는 과정을 의미한다[15]. 서로 다른 센서로 부터 획득된 영상은 영상의 좌표계가 서로 일치하지 않기 때문에 별도의 정합 과정이 반드시 필요하다.

영상의 정합은 크게 영상의 밝기 정보를 활용하는 기법과 특징점을 활용하는 기법으로 나뉜다. 영상의 밝기 정보를 활용하는 방법의 경우, 각 영상의 위치 관계를 추정하는 데에 적용 가능하지만 데이터 처리에 시간이 오래 소요된다. 반면, 특징점 기반의 영상 정합 기법은 영상으로부터 특징정보를 획득하여 이를 기반으로 영상 정합을 수행하며, 주로 광학 영상간의 정합에 사용된다[16].

영상 전체의 밝기값을 이용하는 영상 정합 기법은 밝기 값의 통계적인 정보를 이용하는 방법들이 적용되어 왔다. 대표적으로 상호 정보 (Mutual Information, MI)와 정규 상호 정보 (Normalized MI) 등의 기법이 있다[17]. Chen은 상호 정보 기법을 이용하여 SAR 영상의 정합 연구를 수행하였으며, 방사 특성이 서로 다른 두 영상에 대해 트랜스레이션과 로테이션 정보를 획득하였다[18]. Suri는 계산량이 높은 MI의 효과적인 적용을 위한 연구를 했으며[19], Reinartz는 센서 모델의 정확도 개선을 통해 5m 이내의 기하보정 정확도를 획득했다[20]. Kim은 정규 상호 정보를 기반으로 가시광 영상과 적외선 영상의 정합을 수행한 바 있다[21]. 특징점 기반의 영상 정합 기법은 각 센서에서 공통적으로 나타나는 특징을 찾고, 이를 영상 정합에 활용하는 기법이다. 대표적으로 외곽선(contour), 에지(edge), 방향 벡터와 미분

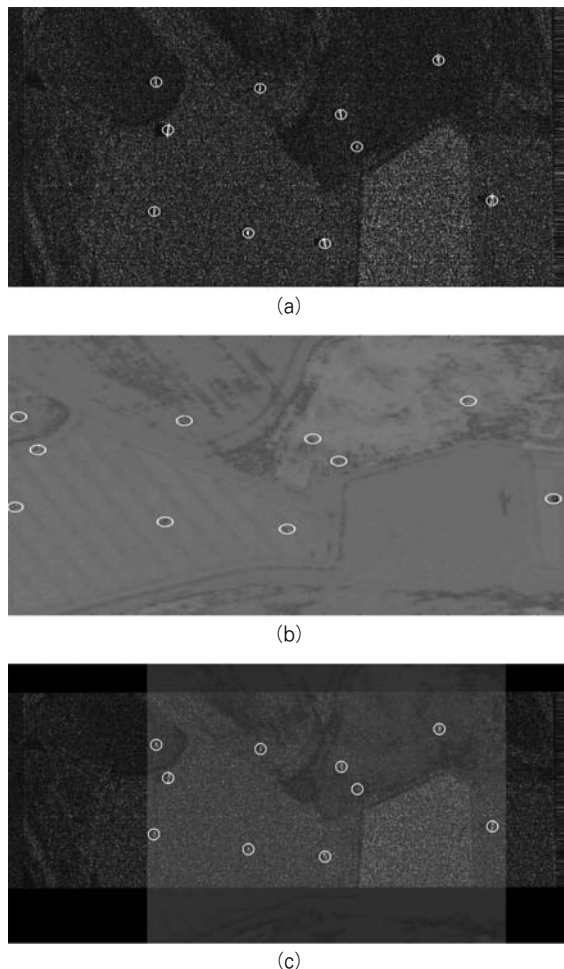


그림 5. 영상 정합 결과[28] (a) IR 영상, (b) SAR 영상, (c) 정합결과 영상[28].

등의 정보를 이용하며[22,23,24], 이러한 경우 영상 정합의 정확성과 신뢰성에 있어 특징점을 찾는 성능이 결정적인 역할을 한다. 그림 4는 Kim의 통계적 상관성 증대 기법을 통한 가시광 영상과 IR 영상의 정합 결과를 보여주는 예시이다.

일반적으로 영상의 정합에는 매칭쌍으로부터 획득한 호모그래피 변환을 이용하지만, SAR 영상의 경우 일반적인 광학 영상과 달리 기하학적 왜곡과 스펙클(speckle) 잡음이 상당수 분포하므로, 영상으로부터 자동으로 특징 정보를 획득하는 것이 어렵다. 따라서 Han은 EO영상과 SAR 영상의 정합을 위하여 Canny edge 검출기를 이용하고, 비용함수를 통해 유사도를 가지는 점들을 초기 매칭쌍으로 선정하고, 비용함수를 적용하여 최종 매칭쌍을 획득하는 연구를 수행한 바 있다[25]. 또한, Hong 등은 선형 개체를 이용하여 매칭 쌍을 추출하는 연구를 진행한 바 있

며[26], Wang은 템플릿 매칭을 기반으로 하는 Thin Plate Spline (TPS) 기법을 기반으로 영상 정합을 수행한 바 있다[27].

SAR 영상과 IR 영상의 정합에 대한 기법으로는 Lim 등이 제안한 Wrap Consensus Matchking (WCM) 기법이 있다. 이는 BMVT M 탐지기를 적용하여 검출된 모든 SAR 영상과 IR 영상에 대한 탐지 결과를 이용한다. 각 영상으로부터 탐지 결과를 랜덤하게 매칭하고, 매칭된 좌표 쌍에 대해 호모그래피 (Homography)를 계산한다. 호모그래피 계산에 사용되지 않은 하나의 좌표쌍을 이용하여 거리 오차를 계산하며, 이 거리오차가 최소가 되는 호모그래피를 최종 선정하는 기법이다. 이 경우 모든 가능한 케이스에 대해 모두 호모그래피를 연산해야 하며, 거리 오차를 계산해야 하므로 처리 시간이 다소 오래 걸린다는 단점이 있다. 그러나 영상 정합을 자동화 하여 매칭 쌍에 대한 사전정보 없이도 영상 정합이 가능하다는 장점이 있다. 그림 5는 WCM 기법을 적용하여 SAR 영상과 IR 영상의 정합을 수행한 결과이다. 그림 5(a)는 SAR 영상을 나타내며, 'O'는 SAR 영상에 대한 BMVT M 탐지 결과를 나타낸다. 그림 5(b)는 IR 영상을 나타내며, '+'는 IR 영상에 대한 BMVT M 탐지 결과를 나타낸다. 그림 5(c)는 WCM 기반의 영상 정합 결과를 보여주며, 'O'와 '+'가 겹쳐지는 것을 보아 두 영상의 정합이 성공적으로 이루어진다는 것을 확인 할 수 있다[28].

#### IV. SAR IR 영상 융합 기술 동향

센서 정보 융합은 그 방식에 따라 화소(pixel) 수준 융합, 센서(sensor) 수준에서의 융합, 특징(feature) 수준의 융합, 판단(decision making) 수준의 융합으로 나뉜다[29]. SAR 영상과 IR 영상의 융합 기술에 대한 자료는 찾아보기 힘들며, 이는 SAR 영상과 IR 영상의 영상 DB 획득이 쉽지 않아 연구가 활발하지 않고, 또한 보안의 문제로 인해 공개되지 않은 것이 원인으로 추정된다. 따라서 이번 장에서는 IR 및 SAR 영상을 포함한 서로 다른 센서 간의 융합 기술에 대해 소개한다.

화소 수준의 융합은 영상 정합 후, 픽셀값의 설정 단계에서 정보량이 극대화 될 수 있도록 SAR 영상과 IR 영상의 픽셀값을 선택하는 방식이다. 이 경우 복잡한 계산 능력을 필요로 하며, 성능 향상의 가능성은 높으나 정합 어려움에 상당히 민감하다는 단점이 있다[30]. 또한, 각 영상에서의 화소 정보는 서로 다른 물리적 특성을 가지기 때문에, 이러한 정보를 단순하게 결합하는 것은 의미 없는 정보의 생성으로 이어질 수 있다[31]. 화소 수준의 융합의 예로, Kulpa는 SAR 영상과 광학 영상의 투명도 factor를 조절하

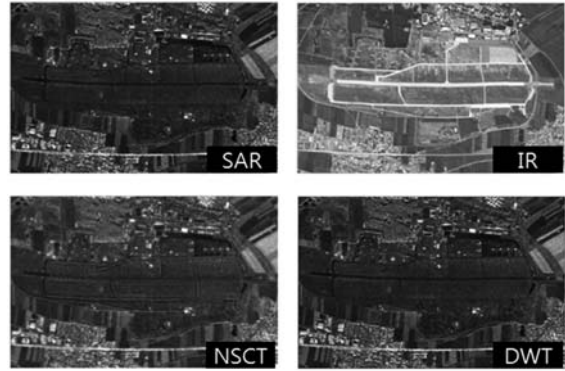


그림 6. NSCT 기반 화소 수준 융합의 예시[33].

여 영상 융합을 수행한 바 있으며[32], Zhang은 SAR 영상과 IR 영상의 융합에 Non subsampled Contourlet Transform (NCST)를 적용한 바 있다[33]. 이 경우 기존의 Discrete Wavelet Transform (DWT)에 비해 윤곽 정보의 획득에 있어 보다 우수한 성능을 가진다. 그림 6은 NSCT 기반 화소 수준 융합의 예시이다.

센서 수준의 융합에서는 입력 영상의 정확한 정합이 요구되지 않으며, 각 센서의 특징 중 강점만을 선택적으로 이용한다. 따라서 단일 센서 기반의 처리를 통해 획득 할 수 없는 유용한 정보의 생성이 가능하다[34].

특징 수준의 융합에서는 SAR 영상을 통해 초기 표적 탐지를 수행하고, IR 영상을 통해 표적 인식 및 식별을 수행하는 방향으로 연구가 진행될 수 있다. 이는 SAR 영상의 해상도가 IR 영상의 해상도에 비해 상대적으로 낮기 때문이며, 특징 수준에서의 융합은 IR 영상 기준의 특징 벡터에 SAR 영상 기준의 특징 벡터를 추가하여 새로운 특징 벡터 생성한다[35].

판단 수준에서의 융합은 각 센서별 검출기 결과를 융합하며, 각 센서의 ATD/ATR 성능이 높을 수록 간단한 융합 과정으로 뛰어난 성능 향상이 가능하다. 이 경우, IR 또는 SAR 영상을 기반으로 표적이 위치할 만한 관심 영역을 찾고, 이 영역에 대해 보다 자세한 정보를 획득하여 최종 표적 탐지 결정을 수행한다[36,37].

판단 수준에서의 IR 영상 융합의 예로는 Kumar 등이 가시광 영상과의 융합에 Dempster shafer 이론을 적용한 바 있다[38]. Dempster Shafer (D S) 증거 이론은 센서 정보 융합에 널리 사용되는 기법 중 하나로, 증거 이론에 기반하여 융합하고자 하는 대상의 기본 확률 배정 함수 값들에 대해 가중치를 부여하는 기법이다. 이를 바탕으로 각 영상으로부터 더 의미있는 센서 정보를 반영한다. 그림 7은 D S 증거이론을 바탕으로 IR 영상과 가시광 영상을 융합한 결과에 대한 예시이다.

SAR 영상과 IR 영상의 융합으로는 Lim의 BMVT M 기반의 탐

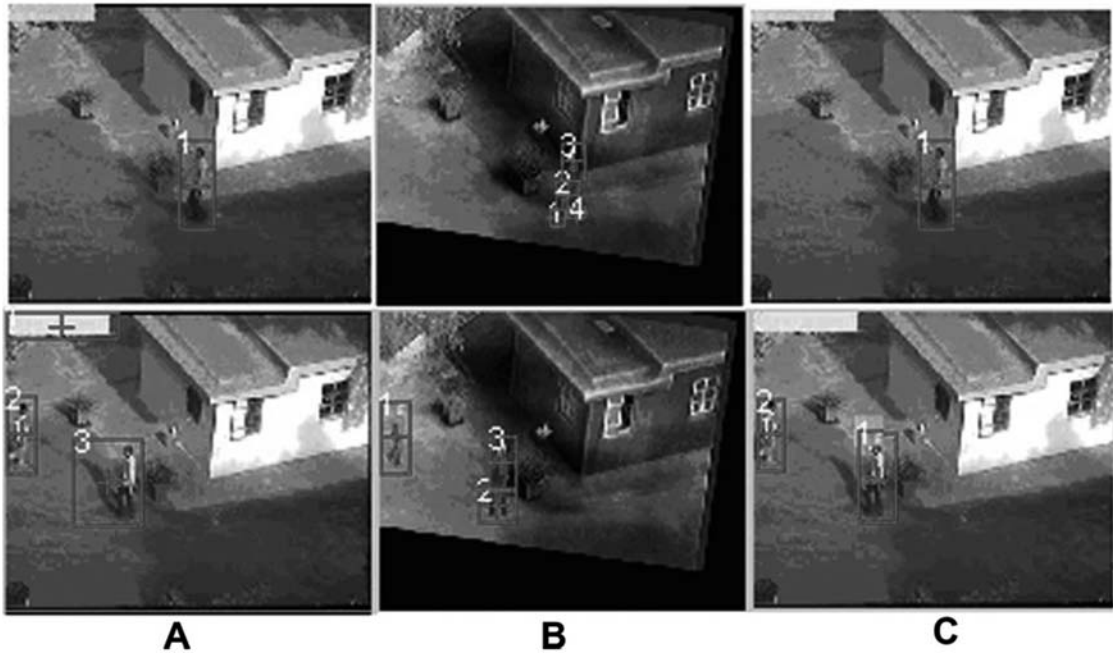


그림 7. D-S 이론을 적용해 IR 영상과 가시광 영상을 융합한 결과(38) (a) 가시광 영상, (b) IR 영상, (c) 융합 결과.

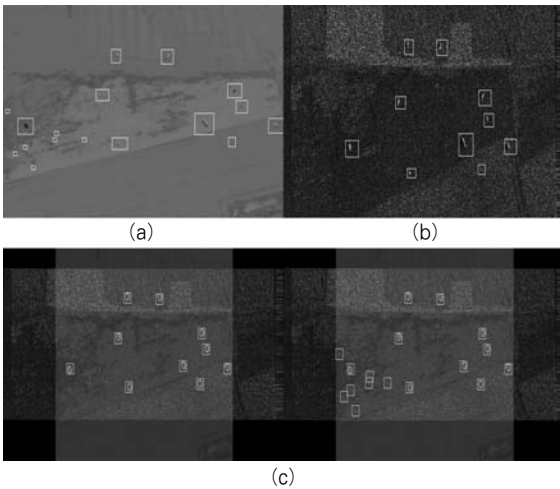


그림 8. BMVT-M 기반의 센서 융합 결과(28) (a) IR 영상 기반 탐지 결과(28), (b) SAR 영상 기반 탐지 결과, (c) AND 융합 결과, (d) OR 융합 결과.

지 결과를 융합하는 기법이 있다[28]. BMVT M (Boolean Map Visual Theory Median/Morphology)은 IR 및 SAR 영상 모두에 대해 적용 가능한 탐지기로, 각 센서에 대해 모두 우수한 탐지 성능을 가진다. 따라서 탐지기 성능에 의해 영상 융합의 성능이 크게 좌우되는 판단 수준에서의 영상 융합 연구에 적용할 수 있다. 아래

의 그림 8은 BMVT M 기반의 탐지 결과를 이용하여 SAR 영상과 IR 영상을 융합한 예시이다. (a)는 IR 영상 기반의 탐지 결과를 의미하며, (b)는 SAR 영상 기반의 탐지 결과를, (c)와 (d)는 각각 WCM 기법을 통해 융합된 AND/OR 융합 결과를 나타낸다.

## V. 결론

본 논문은 SAR IR 영상 융합 기반의 표적 탐지 기법에 대한 기술 동향을 소개했다. 특히, SAR IR 영상 DB 구축, SAR IR 영상 정합, SAR IR 영상 융합 기술 관련 동향에 대해 분석하였다. 단일 센서로부터 획득 가능한 탐지 성능에는 분명한 한계가 있으며, 이에 따라 국방 분야에서 선진 기술을 보유한 국가에서는 오래전부터 다중 센서 정보 융합 연구가 수행되어 왔다.

특히 외국에서는 SAR 영상과 IR 영상의 융합 연구 또한 오래전부터 진행되어 왔으며, 중국의 경우에도 최근 SAR IR 영상 융합과 관련하여 활발한 연구를 진행 중인 것으로 나타났다. 그러나 대부분 국가에서 이에 대한 정보를 공개하지 않는 듯 하며, 오래된 자료 이외의 최근 SAR IR 융합과 관련한 정보 획득은 쉽지 않았다.

국내에서는 센서 융합 연구로 IR 영상과 CCD 영상, IR 영상과 EO 영상, SAR 영상과 Terra SAR 영상 등의 융합 연구가 진행 되

었으며, SAR 영상과 IR 영상의 정보 융합 연구는 미미한 것으로 조사된다. 따라서 향후 SAR IR 센서 정보 융합 기반의 표적 탐지 및 식별 등의 연구를 위해서, 기존 기술을 보유한 미국, 중국, EU 등의 논문 및 특허 정보 등을 면밀하게 검토하고, 더 나아가 센서 정보 융합과 관련한 이에 대한 전문 인력을 배양해야 한다.

### 참고문헌

- [1] D. Nair and J. K. Aggarwal, "Robust automatic target recognition in second generation FLIR images," *Proc. of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp. 194-201, Dec. 1996.
- [2] B. Kahler and E. Blasch, "Predicted radar/optical feature fusion gains for target identification," *Proc. of the IEEE 2010 National Aerospace and Electronics Conference*, pp. 405-412, July 2010.
- [3] S. I. Lee, et al., "Small Target Detection Method under Complex FLIR Imagery," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 10, no. 4, pp. 432-440, Apr. 2007.
- [4] B. Kahler and E. Blasch, "Predicted radar/optical feature fusion gains for target identification," *Proc. of the IEEE 2010 National Aerospace and Electronics Conference*, pp. 405-412, July 2010.
- [5] Allen M. Waxman et. al., "Progress on color night vision: visible/IR fusion, perception and search, and low light CCD imaging," *Aerospace/Defense Sensing and Controls. International Society for Optics and Photonics*, 1996.
- [6] H. Li, B. S. Manjunath, and Sanjit K. Mitra., "Multisensor image fusion using the wavelet transform," *Graphical models and image processing*, vol. 57, no. 3 pp. 235-245, 1995.
- [7] J. Saeedi, and F. Karim, "Infrared and visible image fusion using fuzzy logic and population based optimization," *Applied Soft Computing*, vol. 12, no. 3, pp. 1041-1054, 2012.
- [8] A. R. AKorb and S. I. Grossman., "Model of Large format EO IR sensor for calculating the probability of true and false detection and tracking for moving and fixed objects," *SPIE Defense+ Security. International Society for Optics and Photonics*, 2015.
- [9] Bhashyam Balaji et. al., "Aspects of detection and tracking of ground targets from an airborne EO/IR sensor," *SPIE Defense+ Security, International Society for Optics and Photonics*, 2015.
- [10] J. P. Dugan et. al., "Airborne space time EO/IR imaging for measuring riverine/estuarine/coastal current," *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International. IEEE*, 2014.
- [11] Yun Ji Lim et. al, "BMVT M based IR and SAR ground target detection," *SPIE Defense+ Security. International Society for Optics and Photonics*, 2015.
- [12] H. Li, Y. T. Zhou, and Rama Chellappa, "SAR/IR sensor image fusion and real time implementation," *Signals, Systems and Computers, 1995. 1995 Conference Record of the Twenty Ninth Asilomar Conference on. IEEE*, vol. 2. 1995.
- [13] Allen M. Waxman et. al, "Neural processing of targets in visible, multispectral IR and SAR imagery," *Neural Networks*, pp. 1029-1051, 1995.
- [14] 임윤지, 김성호. "SAR/IR 센서 정보 융합 연구를 위한 합성 영상 생성," 2014년도 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp. 890-892, 2014.
- [15] 변영기, 채태병, "고해상도 SAR와 광학영상의 고주파 정보를 이용한 다중센서 융합," 한국측량학회지, 제 30권, 제 1호, pp. 75-86, 2012.
- [16] 한유경, 변영기, 채태병, 김용일, "KOMSAT 2 영상과 TerraSAR X 영상 간 자동기하보정," 한국측량학회지, 제 29권, 제 6호, pp. 667-675, 2011.
- [17] Zitova, Barbara, and J. Flusser. "Image registration methods: a survey." *Image and vision computing*, vol. 21. no.11 pp. 977-1000, 2003.
- [18] H. Chen, M. Arora, and P. Varshney, "Mutual information based registration for remote sensing data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 24, no. 18, pp. 3701-3706, 2003.
- [19] S. Suri and P. Reinartz, "Mutual information based registration of TerraSAR X and Ikonos imagery in urban area," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol.48, no. 2, pp. 939-949, 2010.
- [20] P. Reinartz, R. M?ller, P. Schwind, S. Suri, and R. Bamler, "Orthorectification of VHR optical satellite data exploiting the geometric accuracy of TerraSAR X data," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 66, pp. 124-132, 2011.
- [21] 김경수, 이진학, 나중범, "정밀한 다중센서 영상정합을 위한 통계적 상관성의 증대기법," 전자공학회논문지 SP, vol. 42, no. 4, pp. 1-12, 2005.
- [22] 이진성, 조주현, 신호철, 최해철, 김성대, "특징 기반 에지 정합을 이용한 다중센서 영상 정렬," 대한전자공학회 추계 학

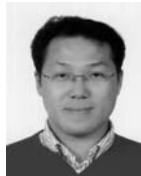
- 술대회 신호처리 소사이어티 논문집, pp.271 274, 2002.
- [24]H. Li, B. S. Manjunath, and S. K. Mitra, "A contour based approach to multisensor image registration," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 3, pp. 320 334, Mar. 1995.
- [24]J. Inglada and F. Adragna, "Automatic multi sensor image registration by edge matching using genetic algorithm," *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 2313 2315, 2001.
- [25]한유경, 김덕진, 김용일, "선형정보를 이용한 고해상도 광학영상과 SAR 영상 간 기하보정," 대한원격탐사학회지, 제 27권, 제 2호, pp.141 150, 2011.
- [26]G. Hong, Y. Zhang, and B. Mercer, "A wavelet and IHS Integration Method to fuse high resolution SAR with moderate resolution multispectral images," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 75, no. 10, pp. 1213 1223, 2009.
- [27]G. Wang, et. al., "A Hierarchical Synthetic Aperture Radar Image Registration Method for Change Detection," *Proceedings of the Second International Conference on Mechatronics and Automatic Control*, Springer International Publishing, 2015.
- [28]임윤지, 김태훈, 김성호, 송우진, 김경태, 김소현, "BMVT M을 이용한 IR 및 SAR 융합기반 지상표적 탐지," 제어로봇 시스템학회 논문지, 제 21권, 제 11호, pp.1017 1026, 2015.
- [29]A. Mitiche and J. K. Aggarwal, "Multiple sensor integration/ fusion through image processing: a review," *Optical Engineering*, vol 25, no. 3, pp. 380 385, 1986.
- [30]O. Rockinger and T. Fechner, "Pixel level image fusion: the case of image sequences," *Aerospace/Defense Sensing and Controls*, International Society for Optics and Photonics, 1998.
- [31]F. Selzer and D. Gutfinger, "LADAR and FLIR based sensor fusion for automatic target classification," *1988 Robotics Conferences*. International Society for Optics and Photonics, 1989.
- [32]K. Kulpa, M. Malanowsky, J. Misiurewicz, and P. Samczynsky, "Radar and optical images fusion using stripmap SAR data with multilook processing," *International Journal of Eletronics and Telecommunications*, vol. 57, no. 1, pp. 37 42, 2011.
- [33]Y. Zhang, Y. Li, K. Zhang, H. Wang, and M. Li, "SAR and Infrared Image Fusion Using Nonsubsampled Contourlet Transform," *IJCAI*, pp. 398 401, 2009.
- [34]김지형, 조윤식, "다중 센서에 의한 영상정보 융합에 관한 연구," 전기학회 논문지, 제 45권, 제 12호, pp. 1808 1815, 1996.
- [35]S. G. Beaven, X. Yu, L. E. Hoff, A. M. Chen, and E. M. Winter, "Analysis of hyperspectral infrared and low frequency SAR data for target classification," *Proc. SPIE 2759*, pp. 121 130, 1996.
- [36]L. Stephan, M. Childs, and N. Pujara, "Portable scalable architecture for model based FLIR ATR and SAR/FLIR fusion," *Proc. of SPIE*, pp. 79 87, 1999
- [37]M. B. Childs, K. M. Carlson, N. Pujara, "Transition from lab to flight demo for model based FLIR ATR and SAR FLIR fusion," *Proc. of SPIE*, vol. 4050, pp. 294 305, 2000.
- [38]P. Kumar, A. Mittal, and P. Kumar, "Addressing uncertainty in multi modal fusion for improved object detection in dynamic environment," *Information Fusion*, vol. 11, no. 4, pp. 311 324, 2010.
- [39]Bahador Khaleghi et. al., "Multisensor data fusion: A review of the state of the art," *Information Fusion*, vol. 14. no. 1, pp.28 44, 2013.

저자약력



**임 윤 지**

- 2014년 영남대학교 전자공학과 졸업.
- 2014년~현재 동 대학 석사과정 재학 중.
- 관심분야 : 적외선 영상기반 표적탐지 및 다중 센서(SAR IR) 영상 융합.



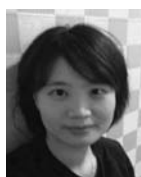
**김 성 호**

- 2002년 KAIST 전자전산학과 석사졸업
- 2007년 KAIST 전자전산학과 박사졸업
- 2007년 2010년 국방과학연구소 재직
- 2010년 현재 영남대학교 전자공학과 조교수 재직 중.
- 관심분야 : IR/초분광 표적 탐지/식별



**원 진 주**

- 2015년 영남대학교 전자공학과 졸업.
- 2015년~현재 동 대학 석사과정 재학 중.
- 관심 분야 : 적외선 영상기반 표적 식별.



**김 소 현**

- 1998년 서강대학교 물리학과 졸업
- 2000년 GIST 정보통신공학 석사졸업
- 2000년 2001년 한화정보통신 재직
- 2002년 현재 국방과학연구소 재직 중.
- 관심분야 : 전자광학시스템, 표적탐지, 추적