

함정 적외선 신호의 관리방법 연구

조용진^{1,†}
동의대학교 조선해양공학과¹

A Study on the Management Methods of the Ship Infrared Signature

Yong-Jin Cho^{1,†}
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Dong-Eui University, Busan, Korea¹

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In the development process of new naval ships, it is necessary to make the effort of the signature management and reduction of ship infrared(IR) signature to increase the ship survivability(susceptibility). So far the ship's contrast radiant intensity is used as a ship IR signature design criteria during the naval ship design stages. However, nowadays it is in a state of disorder at the basic design stage because of the lack of any related studies and methods. In this study, the IR signature management methods for improving the signature reduction and ship survivability are suggested by the comparison analysis of the advantages and disadvantages of signature management techniques. And also the criteria for the ship signature management are suggested when considering the infrared signature measuring assets and sea trial environments of the Korean peninsula.

Keywords : Infrared signature(적외선신호), Signature management methods(신호관리방법), Contrast radiant intensity(CRI, 대비복사강도), Susceptibility(피탐성), Design criteria(설계기준치)

1. 서론

국내에서 함정 적외선 신호 저감기술의 연구는 2000년대 초부터 기술용역을 수행하면서 국외기술의 습득과 관련연구를 통해 이루어졌다. 이와 같은 기술용역과 연구에 의한 신호저감 노력은 함정의 생존성을 향상시켜 무기체계의 효과를 높임으로써 우리의 해양 전력을 위협세력에게 투사하여 전쟁을 억지하고 우리의 영해를 보호하는 핵심기술 역할을 하고 있다 (Cho, et al., 2003).

함정의 적외선 신호는 해양기상환경, 함 운용모드, 위협특성 등의 시나리오에 따라 변화가 크므로 함정개발 초기단계부터 신호관리를 위한 목표(target)와 기준치(criteria)의 설정하여 관리되어야 한다. 그러나 적외선 신호 관리방법과 이를 위한 신호기준의 설정에 대한 연구가 거의 없고, 직접 국외 기술을 도입할 수도 없어 올바른 방법과 기준을 갖지 못하고 있다 (Cho, 2009; Cho, et al., 2012).

지금까지의 적외선 신호의 기준에 대한 국내 연구는 부분적으로 환경 민감도에 대한 일부 연구와 함정설계와 건조에서의 경험을 바탕으로 해석용 소프트웨어에 의존하여 설계과정에 따라 목표와 기준을 제시하여 왔다 (Cho, et al., 2012; Kim, 2012). 그러나 최근 국방과학연구원(ADD)은 실해역 시험 장비를 갖추고 해상시험 (Kim & Kim, 2011)을 수행함으로써 기준치의 설정 필요성이 대두되고 있으나, 시험의 올바른 환경 기준조건, 표준 시험법이 마련되지 않은 상태에서 신호기준(criteria)을 반영하려는 시도는 함정 인도문제

와 결부되어 함정건조 조선소의 거부감과 반발을 가져오고 있다.

더욱이 시험환경의 재현성 불가, 검증시험 경험부족, 시험/분석/평가의 절차의 미흡 등의 원인으로 인해 당사자인 해군, 시험수행기관 및 조선소 간의 혼선과 미찰이 발생하고 있다.

이러한 갈등의 원인을 해소하기 위해서는 개발대상 함정의 운용개념에 적합한 기준을 설정하고, 설계 및 건조 단계별로 기준만족 여부를 검증할 수 있는 관리방안 수립이 전제되어 최적의 함정 신호저감 설계개발 과정이 이루어져야 한다. 즉, 함정 획득과 관련한 관계기관들이 엄격히 준용할 수 있고, 국내 기술수준과 함정 운용개념에 적합한 신호기준 설정 및 획득단계 별 검증절차를 포함한 관리방안에 대한 연구가 필요하다 (Cho, et al., 2012).

따라서 본 연구에서는 함정의 개발과정에서 무기체계로서의 효과의 향상과 생존성을 높이기 위하여 관리과정에서 우선시되는 기준치 설정에 관한 적외선 신호의 관리방안을 비교검토하고 장단점을 비교 분석하였다. 그리고 생존성 향상을 위한 피탐성 저감 측면의 최선의 신호관리 방안을 마련하여 함정의 신호감소와 대책이 이루어질 수 있도록 하였다.

2. 국내외 현황 분석

2.1 외국현황 및 분석

국외 선진국의 적외선(IR) 신호 기준설정과 관리에 관한 자료의

수집은 각 국가마다 자국의 비밀로 취급되어 직접 접근은 어렵고, 출장에 의한 관련 전문가들과의 직접면담과 수집된 논문을 토대로 분석하였다. 지금까지 조사한 바에 의하면 적외선 신호 기준설정 및 신호관리의 현황을 명확하게 문서화된 자료는 없었으며, 만일 그런 것이 있다하여도 비밀로 취급되기 때문에 수집이 불가능한 것으로 조사되었다 (Doug, 1998; Doug & Lew, 2000).

따라서 지금까지 국내 함정 개발과정에서 외국과 공동 기술용역, 외국 전문가들의 면담, 전문가 세미나 및 국제 워크숍 참석을 통해 얻은 결과를 국가별로 정리 분석하였다.

(1) 캐나다/미국

캐나다는 그동안 국내 연구기관과 공동연구 및 참여연구를 통하여 국내에 기술을 이전하고 전수한 경험이 풍부한 업체(Davis 사)를 토대로 많은 논의를 가졌지만 함정개발 단계의 직접적인 신호 기준설정과 관리에 대한 권한과 책임의 한계로 정보를 구할 수 는 없었다. 그렇지만 대부분의 무기체계 획득과정을 미국과 유사한 시스템을 채용하고 있으며 신호관리 방법이나 검증방법을 동일하게 채택하고 있는 것으로 판단되며, 상당부분 NATO와 미 해군 시험에 참여하거나 민간기관에서 정부의 권한을 위임받아 적외선 신호에 대한 연구를 수행하고 있다.

최근의 실해역 검증은 전투함정보다는 지원함이나 조사함정 등을 대상으로 개발된 신호해석 소프트웨어를 검증하고 발전시키면서 이를 이용하여 신호를 관리하고 있었다. 실선 시험은 NATO SIMVEX(Ship Infrared Model Validation Experiment) 프로그램에 적극 참여하고 주도하며 자국의 해양연구선을 대상으로 해양에서 시험을 수행하고 분석을 하였다 (Vaitekunas, 2006, 2011; Doug, 1998; Doug, et al., 2004).

시험은 NATO TG-16에서 주관하여 함정 IR 신호검증 연구를 수행하고 프로그램명은 SIMVEX로 NATO회원국이면 누구나 참여할 수 있으며 2001년에 캐나다, 미국, 노르웨이, 네덜란드, 이탈리아, 프랑스, 덴마크, 폴란드 등이 참여한 예가 있다.

참여국은 각국별로 각자의 장비를 가지고 시험에 참여하며, 국가별로 측정 장비를 활용하고 독자적인 분석방법을 활용하여 시험결과를 발표하거나 각자 소유하게 된다. 캐나다에서는 시험장소와 연구선을 제공하고 해석모델(NTCS)을 제공하며 기타 각종 환경자료를 공유하여 상세한 분석이 가능하도록 지원하였다 (Vaitekunas, 2002, 2006).

이와 같은 시험은 선박의 동원이나 시험의 준비 등에 많은 시간, 인원 및 비용이 소요됨으로 자주 수행되지는 않고 2년을 주기로 수행되었다. 국내기관이 참여하기 위해서는 국가 간 비밀정보 교환협약이 필요하다고 요구하였다 (Cho, et al., 2012).

Fig. 1과 2는 각각 NATO 시험에 참여한 각 국가의 계측장비와 시험에 제공된 해양연구선을 각각 보여준다.

그리고 미국의 경우 해군연구개발국(ONR, Office of Naval Research)의 지원으로 해군연구소(NRL, Naval Research Lab)에서 독자적 연구를 수행해 왔으나, 최근에 해상분야의 연구는 NATO 및 캐나다 등과 공동연구를 활발하게 수행하고 있는 것으로 드러났다 (Vaitekunas, 2011; Doug, et al., 2004).

Fig. 3은 미국 NRL이 보유하고 있는 시험 장비들로 NATO 프로그램에 참여하여 공동 실선 시험연구에 사용된 장비들이다.

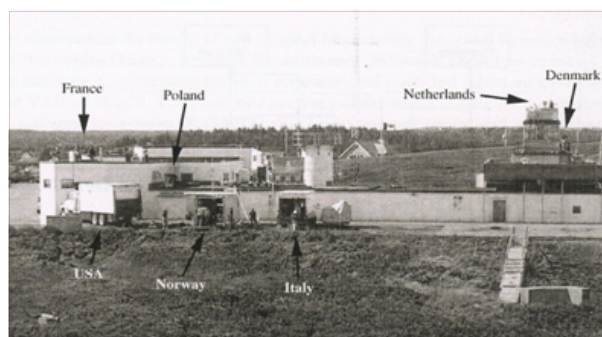
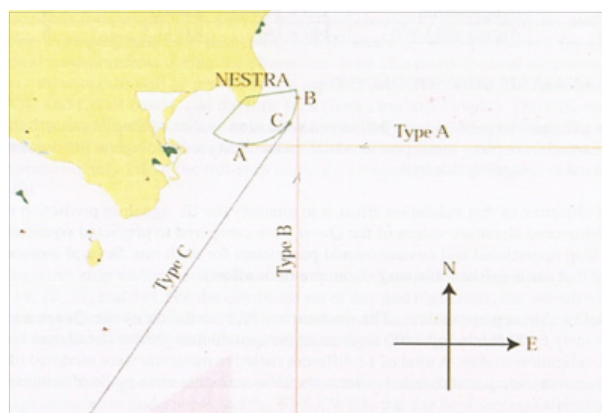


Fig. 1 Test site and array of equipments



Fig. 2 CFV Quest for the IR signature test

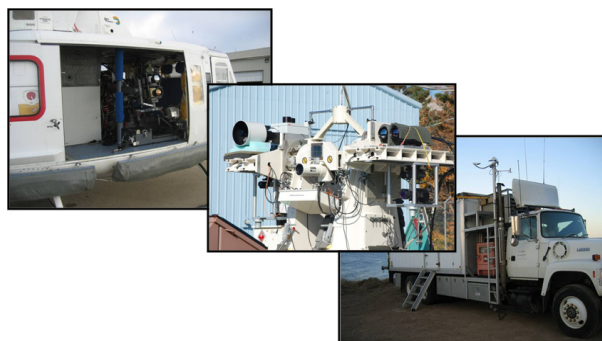


Fig. 3 NRL measurement assets for the test of ship infrared

(2) 프랑스(EU)

시험장비의 국내도입을 하는 과정에서 프랑스 적외선 카메라생

산업체를 방문하여 프랑스를 포함한 유럽의 실선 시험과 관련 자료를 요청하였다. 그리고 신호기준 설정과정, 신호관리 현황 및 절차에 대하여 문의를 하였다 (Cho, 2009; Cho, et al., 2012).

유럽의 국가들은 시험의 어려움과 보안 등의 문제로 공개적 시험은 없고, NATO 공동연구 프로그램을 통해 제한적인 시험 경험과 정보에 대한 교환이 이루어지고 있다고 한다. 그러나 이러한 정보교환도 정부차원이 아닌 민간 연구기관 간에 서로 의견교환이 이루어지고 보안제한으로 우방 국가들인 경우에도 한정적인 자료에 대해서만 정보교환이 가능하다고 하였다.

이는 인접한 우방국가라도 아군함정의 적외선 신호측정 결과 같은 민감한 자료는 주고받지 않을 뿐만 아니라 각국의 신호관리 방법이나 체계가 상이하여 원천적으로 자료교환을 하지 않는 것으로 조사되었다.

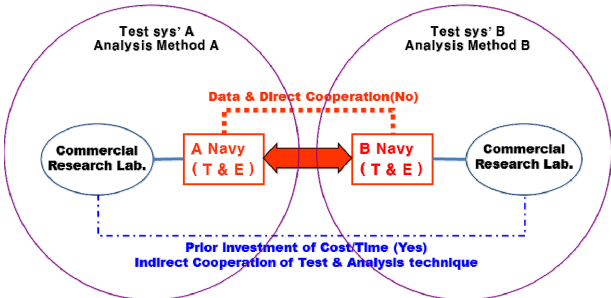


Fig. 4 Cooperation scheme with the other countries

Fig. 4를 통해서 보면 실제 국가 간의 협력이나 자료교환보다는 시험 및 분석기법에 대한 민간차원의 협조만이 이루어지는 것으로 판단된다.

이런 상황을 참조하면 선진국가의 협력을 얻으려면 우선 국내의 자체 투자에 의한 시험경험을 축적하여 우방국과 정보교환 협정을 맺어 단기간에 선진 관리방안이나 올바른 신호분석 방법을 습득하는 것이 바람직할 것이다.

(3) 영국(EU)

영국은 민간업자(BAEsema)가 국내 적외선 신호 해석의 기술 용역을 수행한바 있으며, 기술용역 수행과정에서 영국의 신호 기준설정과 신호관리 방안에 대한 정보를 수집하였다. 영국에서는 함정개발단계에서 신호해석과 설계는 외부 용역업체에서 수행하지만 해석과 관련된 기준은 국방성에서 제공을 하며 건조후의 시험과 검증은 공공기관에서 수행하는 것으로 알려져 있다.

현재 적외선 신호의 실해역 시험(field test)은 정부기관에서 민간기관으로 변경된 QinetiQ에서 정부의 위탁으로 수행되는 것으로 조사되었다. 이 기관은 상용의 민간헬기를 이용하여 함정에서 방사되는 적외선(열) 신호를 계측하는 것으로 나타났으며, 함정의 주요 측정방식은 공대함 기법으로 수행한다고 알려져 있다.

공대함 기법은 항공기에서 대상함정의 주위를 선회하며 Fig. 5와 같이 함정의 실선신호를 계측하는 방법이다.

이상의 선진국의 적외선 신호 기준설정과 관리방안을 살펴본 결과, 적외선 스텔스 기술이 함정에 적용되기 시작한 것은 90년

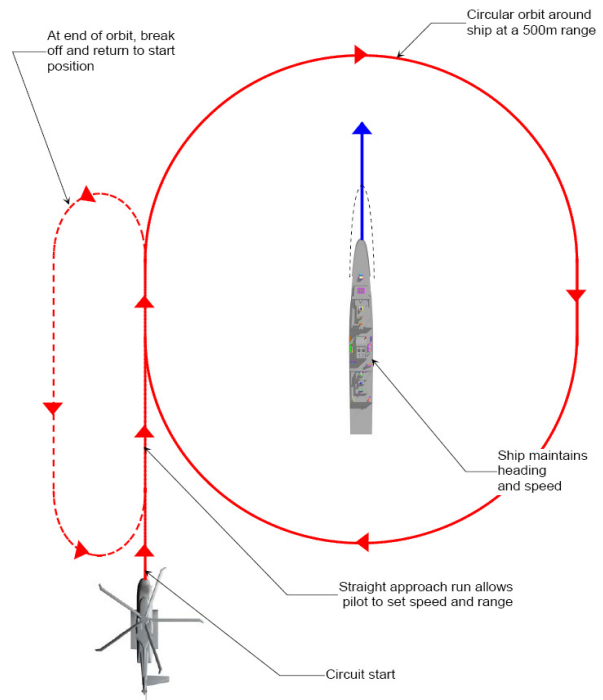


Fig. 5 Schematic example of helicopter measurement circuit

대 초반부터 역사가 그리 오래되지 않았다. 따라서 신호의 기준치를 결정하는 것이 용이하지 않아 함정개발 초기단계부터 수치로 제한을 두기보다는 경험을 쌓으며 미진을 두어 지속적으로 신호를 관리해 나가는 것으로 조사되었다.

실제 신호의 관리 및 실선시험의 주체는 국방성이나 국가 공공기관이 주도하여 민간차원의 접근을 통해서 자료의 수집에 한계가 있었다. 그렇지만 정황적인 주변자료와 자문결과를 살펴보면 함정개발 단계별로 적절한 미진폭을 두고 기준치를 설정해 나가며 신호관리를 하고 있는 것으로 판단된다. 그리고 개발단계가 진행할수록 미진폭을 줄이는 방향으로 관리하고 최종적으로 건조 완료 후에 실선시험을 하고 있는 것으로 판단된다.

2.2 국내현황 및 분석

현재까지 국내의 적외선 신호 관리는 설계단계에서 최대의 복사신호를 나타내는 해양기상환경을 기준으로 배경과 함정의 복사 대비강도(Contrast Radiant Intensity, CRI)를 해석하여 목표치와 기준치로 설정하여 관리해오고 있다. 여기서 목표치는 함정설계 과정에서 초과되지 않도록 관리 노력을 기울여야 하는 목표수치고, 기준치는 개발완료 후에 실선 시험을 통하여 만족 시켜야 하는 함정 인도의 기준수치로 구분할 수 있다.

적외선 신호의 관리는 설정된 신호값을 기준으로 관리하는 결정론적 관리방법으로 Fig. 6에서와 같이 함운용지침서(ROC)로부터 신호의 관리가 이루어지고 있으며 단계별로 신호해석의 정확도가 높아지고 건조 완성 후에 실선시험의 계측평가를 통해 기준치를 만족시킬 수 있도록 관리되어 왔다.

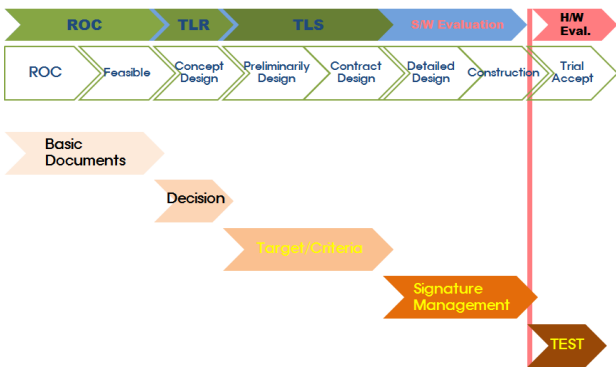


Fig. 6 Signature management procedure by the design stage

그러나 현재의 변경된 신호관리 방법은 사업초기 결정된 기준치에 따라서 개발단계별로 신호를 소프트웨어나 시험을 통해 검증하는 방법으로 변경을 하고 있는 중이다. 그렇지만 초기 기준치를 설정하고 함정을 건조 후 실선시험에 의해 기준치 만족여부를 판정하는 관리방법은 함정인도의 당사자인 조선소와 방위사업청간의 첨예한 갈등이 일어날 수밖에 없다.

적외선 신호의 측정시험은 재현성, 반복성 및 정밀성을 보장하기가 매우 어려운 시험이다. 이는 실선시험에서 요구되는 해양 기상환경으로 제어가 불가능하여 동일조건에서 시험조건 재현과 반복시험에 의한 정밀성을 확보가 불가능하다. 이런 복잡하고 까다로운 시험의 정도를 높이기 위해서는 많은 시험경험을 바탕으로 오차를 정밀 분석하여 자료를 축적하여야 한다.

즉, 적외선 신호검증을 위한 실선시험은 식(1)과 같이 오차로 분해하여 불확실성을 줄이려는 노력이 필요하다 (Vaitekunas, 2011).

$$U_t^2 = U_m^2 + U_x^2 + U_y^2 + U_z^2 + U_f^2 \quad (1)$$

U_m^2 : Uncertainty in Measurement
 U_f^2 : Uncertainty in Conceptual Model
 U_x^2, U_y^2, U_z^2 : Model Representation (x, y, z)

현재 국내에서 국방과학연구원이 수행하는 실선시험은 시험자의 시간과 공간적인 제약 및 시험전후의 정밀성을 검증하고 오차를 분석하기 위한 충분한 지원이 이루어지지 못하고 있다.

따라서 표준 시험방법, 시험결과의 분석절차 및 불확실성 오차를 추정할 수 있는 일련의 검증과정에 대한 연구가 반드시 필요하다. 이를 통해 모든 관련기관에서 공감하는 적외선 신호의 검증 방안이 마련됨으로서 오해와 갈등을 해소하고 신호관리에 대한 진전이 이루어질 수 있다고 판단된다.

3. 적외선 신호관리 방법

3.1 이상적 관리방법

이상적인 신호기준 설정과 방법은 다음의 Fig. 7과 같은 방법

으로 정의되고 관리될 수 있다.

우선 개발함정의 임무분석을 통해 잠재적인 주요 위협세력을 정의하여야 한다. 그리고 효과적인 임무 수행을 위해 요구되는 생존 확률을 설정하고, 이를 만족시키기 위한 개발 대상 함정의 적외선 신호 기준치를 설정하여야 한다. 이에 따라 함정 개발 단계별로 관리절차 및 검증방법을 마련하여 지속적인 신호 관리를 하여야 한다.

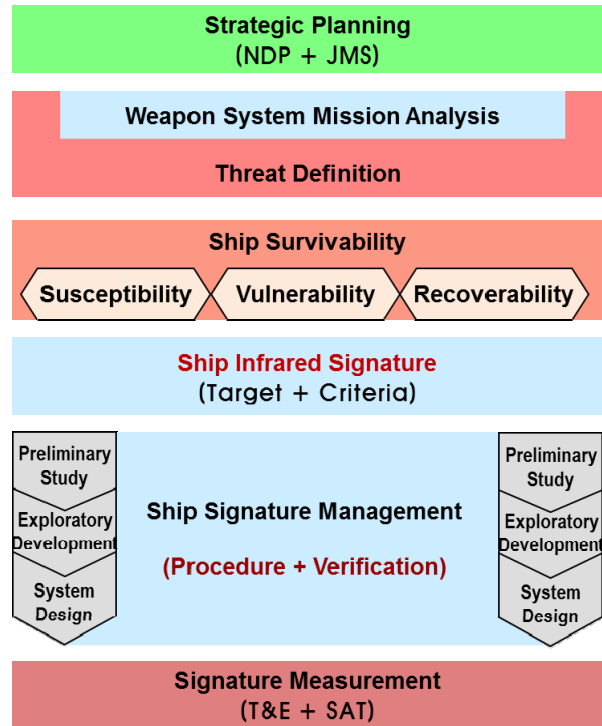


Fig. 7 Schematic procedure of the ideal method for the ship infrared signature management

그러나 현실적으로는 신호관리 경험과 자료의 부족으로 모든 관련기관을 만족시킬 수 있는 이상적인 방법의 마련과 구현에는 많은 경험기간과 비용이 소요될 것으로 판단된다.

이와 같이 통합된 생존성을 고려한 의사결정방법은 현실적으로 위협세력의 예측이나 임무분석의 불확실성, 국외 함정의 신호 관련 자료의 수집 불가, 설계변경과 효과도분석의 불확실성 등으로 인하여 바로 적용은 불가하다. 따라서 이상적인 방법은 차후 국내의 기술과 경험이 충분히 축적된 후에 사용가능한 방법이다.

3.2 결정론적 관리방안

지금까지 국내 적외선신호 관리체계는 함정의 개발과정에서 신호목록표 및 기준치를 설정하여 관리하는 결정론적 관리방법을 활용하였다.

결정론적 신호관리방법은 함정 개발 초기에 미리 신호목록표나 기준치를 설정하고 그에 따라 함정을 개발하는 단계에서 엄격

하게 관리함으로써 유연성이 떨어지는(tight-assed) 신호관리방법이다. 따라서 함정설계가 탐색개발 단계와 같이 어느 정도 진행된 시점에서 적용될 수 있다.

우선, 함정이 운용되는 국내 연근해 해양환경에서 최악의 적외선 신호를 나타낼 수 있는 해양기상 환경을 기준으로 결정한다. 그리고 함정의 플랫폼 형성과 운용모드별로 신호를 감소시킬 수 있는 열적 제어 방법을 조합하여 신호를 해석한 후에 함정의 복사대비 신호강도를 제한한다. 이렇게 해석된 함정의 복사신호를 기초로 하여 Fig. 8과 같이 주요위험의 정의, 함정방어능력과 동종 함정의 신호수준 및 소요예산을 고려한 비용대효과 분석을 통합적으로 고려하여 목표신호(기준신호)를 결정하여 신호관리를 수행한다.



Fig. 8 Decision-making of ship signature target (criteria) by considering the design parameters

그러나 결정론적 기준치 신호설정의 경험이 전혀 없고, 국방과 학연구소 등 연구기관에서 신호검증의 표준적인 절차와 오차 분석에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않은 상황에서 함정건조를 주도하는 방위사업청(해군)과 불확실성을 떠안고 함정 건조를 책임지는 조선소간의 첨예한 갈등이 있게 된다.

이러한 결정론적 신호관리는 함인도 문제와 같은 물러설 수 없는 갈등에 대한 관련기관의 상호 이해, 현실적인 시험계측의 어려움 및 현재 국내의 기술수준 등을 공감하여 대안을 찾아가는 과정이다. 즉 단계별로 신호마진을 조정하거나 기준 환경조건의 연구를 통해 수정 적용하려는 노력을 하고 있다.

3.3 요소별 사양관리

함정의 신호요소별 관리방법은 전체적인 통합된 신호의 문제를 방사 원인별 또는 함정구성 요소별로 분류하여 복사요소 원인을 세분화하여 관리해 나가는 방법이다. 이러한 방법은 현재 함정과 군용 항공기의 개발에도 부분적으로 활용되고 있다.

이와 같은 방법은 함정 개발의 과정에서 다른 주요 성능이 희

생되지 않도록 함정의 신호 원인에 따라 적용 가능한 저감 기술을 세분화하여 요소사양으로 제어함으로써 함정 전체의 신호를 감소시킬 수 있는 계층별 관리방법이다.

Table 1 Specification example for IR signature control

- ① All externally facing bulkheads above the waterline (including machinery compartments, funnels, and ventilation ducts) will be insulated to a sufficient extent as to ensure that the bulkhead's surface contrast temperature is never more than 5°C different than the ambient air.
- ③ Machinery room ventilation air will be directed to exit the ship in a manner that it is hidden from view to sea level observers. If the ventilation exhaust can not be hidden, its temperature will be limited to 10°C different than the ambient air.
- ④ The surface temperature of all sensors, weapons, and other equipment visible from the exterior of the ship will be limited to a contrast temperature of less than 10°C different than the ambient air.
- ⑦ A sea water wash down system will be installed for the purpose of cooling the exterior surfaces of the ship to sea temperature. The wash down system will spray all exterior surfaces of the ship (100% spray coverage) at a rate sufficient to cool the ship's surface from a contrast temperature of +20°C to the sea water temperature in under 5 minutes.
- ⑨ All propulsion engine uptake metal visible from all observer locations up to an elevation of 45° from the horizontal will be cooled to be no more than 40°C different than the ambient air.
- ⑪ All propulsion engine exhaust plumes will be cooled so that their mass flow weighted average temperature at the uptake exit plane is less than 250°C for all engine powers, on an ISA standard day.
- ⑬ All auxiliary engine exhaust plumes will be cooled so that their mass flow weighted average temperature at the uptake exit plane is less than 250°C for all engine powers, on an ISA standard day.
- ⑯ For wind speeds up to 40kts, there will not be impingement of engine exhaust gases on any surface of the ship resulting in a contrast temperature greater than 20°C above the ambient air.

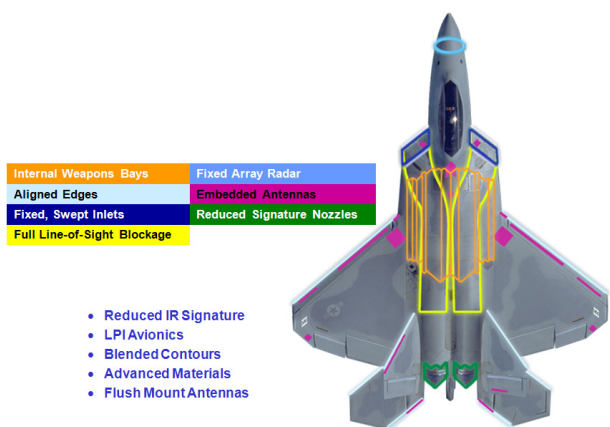


Fig. 9 Various methods and locations of stealth technology

Fig. 9의 미국 공군의 최신 항공기 랩터(F-22) 개발에 적용한 예를 살펴보면, 신호 요소별로 분류(breakdown)하여 세분화된 요구조건을 설정하여 관리한 것을 볼 수 있다. 신호요소들의 톱니형 표면, 기체속의 안테나와 사용무기, 구부러진 흡기구, 다중 표면의 제거 등과 같이 계층적으로 분류하여 스텔스기술을 적용하여 요소별로 신호관리를 하는 방법이다.

함정의 신호 목표를 기준치와 목표치를 갖도록 하는 즉, 수치적(정량적)으로 주어지는 관리방법이 아니라 스텔스화의 노력에 비중을 두도록 하는 방법이다. 이런 방법은 주요 성능간의 충돌로 인한 희생이 요구되기도 하지만 신호관리책임자의 역할을 확대시켜 최적 의사결정이 가능하도록 하여 신호관리에 책임과 권한을 갖도록 하는 것이다.

예를 들면 함정의 탐색개발 과정에서 Table 1과 같이 신호영향 요소에 대하여 신호 설계사양(IR Design Specification)이 도출된다. 이와 같은 방법을 확대하여 탐색개발 이전 단계에 미리 사양을 설정함으로써 탐색개발 진행과정에서 상세한 부분까지 신호에 영향을 미칠 수 있는 많은 영역을 단계적으로 고려하여 신호관리를 수행하는 방법이다.

3.4 확률론적 관리방안

적외선 신호분야의 함정 피탐성을 해석하기 위해서는 함정의 신호, 해양 기상환경 조건, 함정과 유도무기의 상대위치 관계 및 적외선 센서의 특성에 대한 정보를 얻어야 한다. 그러나 이러한 정보의 획득은 군사기밀에 속하는 관계로 정확한 값을 얻기란 용이하지 않다.

따라서 확률론적인 접근방법은 유도무기와 탐색센서 및 해양 환경에 대한 시나리오를 바탕으로 확률론적으로 접근하여 피탐가능성(susceptibility, 피탐성)을 정량화함으로써, 피탐성을 낮추는 방향으로 신호를 관리하는 방안을 마련하여 신호감소 설계와 감소대책이 이루어지도록 하는 방법이다.

함정을 포함하는 것과 같은 큰 이미지에서는 수직방향의 변화가 심하기 때문에 표적을 구분하는 것이 어렵다. 그래서 대부분

의 해상용 센서들은 수평방향으로 차이를 구해서 대비 이미지를 구함으로써 함을 쉽게 구분할 수 있다.

일반적인 탐색기 모델은 대부분의 기본적인 요소들을 모두 포함한다. 특히 탐지의 과정은 센서모델의 탐지기준으로 활용하는 Johnson's Criteria를 활용하였으며, 이때 탐지 방사량($L_{c,det}$)은 다음과 같이 표현된다 (Vaitekunas, 2002).

$$L_{c,det} = SNR \times NER \quad (2)$$

$$NER = f(NETD, \lambda)$$

여기서 SNR (Signal-to-Noise Ratio)는 신호 대 잡음비, NER (Noise Equivalent Radiance)는 잡음등가 복사량, $NETD$ (Noise Equivalent Temperature Difference)는 잡음등가 온도 차이를 나타내고, λ 는 적외선 파장을 나타낸다.

식(2)에서 탐지의 기준은 Table 2와 같이 픽셀수(N_p)와 영상화면수(N_f)에 지속적으로 $L_{c,max} > L_{c,det}$ 인 경우를 기준으로 탐지여부를 판단한다.

Table 2 Detection criteria for the IR sensor model

Detection Criteria	
NETD	0.1 to 0.4 °C
SNR	5
No of pixels	1
No of frames	2

이와 같은 방법으로 시나리오 기준으로 유도무기의 비행과 센서의 탐지 문턱치(threshold)를 고려하여 탐지거리의 계산이 수행되며 피탐성을 예측할 수 있게 된다.

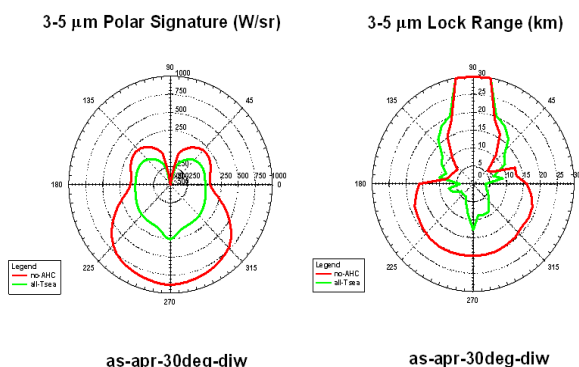


Fig. 10 Comparison between polar signature and lock range for IR susceptibility analysis (MWIR)

Fig. 10은 복사대비강도에 대한 극좌표 그래프와 동일한 해양 환경 조건에서의 유도무기에 의한 탐지거리를 나타낸다. 좌측의 극좌표는 대상함의 전체 에너지와 같은 개념으로 선체 해수냉각

에 의해 신호가 낮아지고 있음을 보여준다. 우측의 그림은 동일 조건에서 탐지거리 극좌표 그래프를 나타낸다. 그러나 일부에서 낮은 함정신호에서 오히려 탐지거리 해석결과에서 큰 탐지거리를 보여주기도 한다.

이러한 특성은 피탐성 해석이 가지는 비선형적 특성으로서, 피탐성을 단지 전체 에너지 개념인 복사대비신호의 값만으로 설명할 수 없다는 특징을 보여준다.

따라서 확률적으로 피탐성을 반영하기 위하여, 수많은 시나리오를 가정하여 피탐성에 대한 누적분포에 의하여 실제 함의 피탐성을 정량화할 필요가 있다. 그리고 실선계측의 평가방법을 고려할 때, 4가지 계측방법에 대한 안을 도출해 낼 수 있으며, 이는 가상적으로 만들어 진 것은 아니고 계측을 위한 시나리오를 가정한 것이다.

첫 번째는 태양이 없는 경우에 선체의 평균 표면온도이다. 이것은 태양광이 없을 때 함의 평균표면온도가 대기온도보다 일정 온도(ΔT) 이상 초과할 수 없다고 정하는 것으로 추가적으로 함이 일반적인 속도로 운항하는 조건에서이다. 두 번째로는 주간에는 함정의 평균온도를 설정하는 것이다. 이것은 환경으로 인해 함의 신호에 미치는 영향을 고려하기 위해서 이다. 정상상태를 기준으로 평균표면온도는 대기온도에 비해 설정된 온도 이상을 초과할 수 없다는 것이다. 세 번째로는 태양이 있는 조건에서 함 표면에 대한 전체적인 균형 잡힌 저감방안을 다루는 것이다. 이것은 함의 전체 에너지와 피탐성 간에는 직접적인 상관관계는 없음으로 온도차(ΔT)의 허용가능 최대치를 설정하는 것이다. 네 번째로는 태양이 없는 조건에서 세 번째 내용과 동일하게 함정표면의 온도차의 허용가능 값을 설정하여 시험하는 것이다 (Vaitekunas, 2011, 2012).

4. 방법론 비교분석

함정의 운용개념에 적합한 기준을 설정하고, 설계 및 건조 단계별로 기준만족 여부를 검증할 수 있는 관리방안 수립을 위한 여러 가지 관리방법에 대하여 살펴보았다.

첫째, 이상적인 신호관리 방안은 현재 국내의 관련 연구가 부족하고, 군사기밀에 속하는 부분이 많아 정보가 확실하게 확보되지 못하여 채택이 불가능하다. 지금까지 국내 함정설계 과정에서 이러한 접근방법으로 시도하였으나, 만족스런 결과를 얻지 못하였다.

두 번째 결정론적 방법으로 현재 함정의 신호를 관리하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 방법의 신호관리는 네 번째 신호 관리 방법의 설명과정에서 언급된 바와 같이 함정의 전체 대비복사신호가 함정의 피탐성을 직접 표현하지 못한다는 특성이 있다. 즉, 이러한 특성이 피탐성 해석이 가지는 특성으로서, 피탐성을 단지 전체 에너지 개념인 복사대비신호의 값만으로 설명할 수 없다는 이유 때문에 이 방법은 전체신호의 확인 차원에서 하나의 관리값으로 활용되어야 할 것이다.

세 번째 방법으로는 요소별 신호관리 방안으로 현재에서 일부 장비의 성능을 특징짓는 사양(specifications)에 포함하여 사용되어 오고 있다. 이러한 특징의 사양은 장비공급업체에 한정하여 요구되고 또한 사용되고 있으며, 함정의 설계과정에 이러한 사양을 포함하여 신호분석의 수행에 활용된다. 그리고 이러한 방법은 네 번째 방법에 포함하여 포괄적인 신호관리의 하나의 방안으로 활용되어져야 할 것이다.

마지막으로 네 번째 방법은 함정의 적외선 신호 저감노력의 최종 목표인 피탐성을 낮출 수 있는 방법으로 기존에는 시도된 적이 없는 새로운 관리방안이다. 최근에 연구를 통해 피탐성에 대한 정량적인 연구와 확률론적인 접근이 필요함으로 반드시 적용되어야 할 것으로 판단된다.

이상의 비교 검토결과를 볼 때, 첫 번째 이상적인 관리방법에서 적용이 가능한 동종 함정의 신호수준과 비용분석을 관리방안에 활용하고, 두 번째 방안에서는 전체 신호로서의 값을 단순비교를 위해 검토할 필요가 있으며, 세 번째 방안에서는 일부 사양을 피탐성을 낮추는 측면에서 물리량을 제한하는 값으로 활용하여 최종적으로 네 번째의 확률론적 피탐성 저감방법으로 실제적인 물리량을 관리하는 것이 최적의 방안으로 판단되면 이를 정리하면 다음의 Table 3과 같다.

Table 3 Selected signature managing methods

Infrared Signature Management	
Ideal Method	- Similar ship signature - Economical analysis
Deterministic Method	- Whole ship signature
Detailed Specific Method	- Specified temperature
Probabilistic Method	- Contrast temperature

5. 결 언

본 연구에서는 함정 획득과정에서 운용할 수 있으며 국내 기술 수준을 고려한 신호관리 개념에 적합한 기준설정 및 관리방법론에 대한 비교분석 연구를 수행하였다. 신호의 관리는 함정 인도 책임의 소재가 내제되고 함정의 생존성 향상을 위한 피탐성을 낮출 수 있는 정량적 물리량으로 관리가 가능하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 함정의 개발과정에서 무기체계로서의 효과도와 생존성향상 측면의 적외선 신호의 관리방안을 제시하고 장단점을 비교 분석한 결과, 다음과 같은 정량적인 신호 기준설정 에 의한 신호관리 방법을 제안하고자 한다.

- ▶ 함정 전체신호의 배경과의 대비복사강도(CRI)
- ▶ 폐기복사에 의한 온도(T)와 적외선 신호(L)
- ▶ 함정표면과 배경 또는 표면간의 온도차(ΔT)
- ▶ 기타 유사선과의 비교 및 경계성

제안된 관리방법은 확률론적 피탐성 측면의 연구결과에 따라 함정별로 요구조건(requirements)이 확립되어 관리기준으로 활용되고, 이에 대한 이해 당시자인 기관간의 공감대가 형성되도록 하는 사전 노력이 요구된다. 그리고 제안한 정량적인 관리를 위해서는 실선 시험에 대한 많은 경험을 필요로 하고 이에 대한 기술축적의 노력이 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Cho, Y.J. Kim, S.H. Lee, Y.Y. & Park, B.J., 2003. *Design Guideline of Ship IR Signature and Management*. ROK Navy Navsea, November 2003.
- Cho, Y.J., 2009. A Study on Measuring Procedure and Analysis Technique of Ship Infrared Signature at Sea. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 23(3), pp.53-58.
- Cho, Y.J. Han, S.I. Jung, H.S. & Ham, W.Y., 2012. A study on the management methods of ship infrared signature. *Proceeding of Naval Ship Technology Seminar*, Changwon, Korea, 15-16 November 2012.
- Doug, F., 1998. Overview of NRL Maritime IR Capability. *International IR Target and Background Modeling & Simulation workshop(TBMS)*, January 2011.
- Doug, F. & Lew, G., 2000. A Methodological Framework for the Validation of Predictive Simulation. *European Journal of Operation Research*, 124(1), pp.55-62.
- Doug, F. et al., 2004. *ShipIR Model Validation Using NATO SIMVEX Experiment Results*. Naval Research Laboratory, 31 May 2004.
- Kim, J.H. & Kim, Y.S., 2011. A Comparative Study between Measurement and Prediction Results of a Naval Ship Infrared Signature in the Marine Environment. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(4), pp.336-341.
- Kim, Y.S., 2012. A Study on the Infrared Signature of a Naval Ship under the Marine Climate. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 49(3), pp.264-272.
- Vaitekunas, D.A., 2002. *Technical Manual for ShipIR/NTCS(V2.9)*. W.A. Davis Engineering Ltd.
- Vaitekunas, D.A., 2006. Validation of ShipIR(v3.2): Methodology and Results. *The SPIE Defence and Security Symposium*, Gay Palms Resort and Convention Center, Orlando, Florida.
- Vaitekunas, D.A., 2011. *US-CA IR Measurement and Modelling Experience*. Invited Expert Seminar at MOERI, 20 January 2011, Taejeon.
- Vaitekunas, D.A., 2012. *Signature Analysis of MLS-II*. Invited Expert Seminar, Hyundai, Ulsan, 21 September 2012.



조용진