

정보은닉기법을 적용한 함정 전투체계 소나 영상의 정보관리 방안 연구

이준호¹⁾ · 신상호²⁾ · 정기현³⁾ · 유기영^{*,4)}

¹⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부

²⁾ 동국대학교 실감미디어 성과확산사업단

³⁾ 경일대학교 사이버보안학과

⁴⁾ 경북대학교 컴퓨터학부

Study of Information Hiding Methods for SONAR Images in the Naval Combat System

Joon-Ho Lee¹⁾ · Sang-Ho Shin²⁾ · Ki-Hyun Jung³⁾ · Kee-Young Yoo^{*,4)}

¹⁾ *The 6th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea*

²⁾ *Realistic-Media Result Diffusion Center, Dongguk University, Korea*

³⁾ *Department of Cyber Security, Kyungil University, Korea*

⁴⁾ *Department of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University, Korea*

(Received 20 January 2015 / Revised 28 August 2015 / Accepted 16 October 2015)

ABSTRACT

The SONAR waterfall image(SWI) is used typically to target detection in SONAR operation and is managed with additional data linked in the naval combat system. The SWI and additional data are very important to classify a kind of target. Although additional data of the SWI is essential and must be kept together with the SWI, it was stored separately in the current system. In this paper, we propose an improved information management method in the naval combat system, where additional data can be contained in the SWI together by using information hiding techniques. The experimental results show that the effectiveness of information hiding techniques in the naval combat system. It is demonstrated that the information hiding techniques can be applied to the SWI that can make the naval combat system to be robust and secure.

Key Words : Naval Combat System(함정 전투체계), SONAR Waterfall Image(소나 Waterfall 영상),
Steganography(스टे가노그래피), Information Hiding(정보은닉), Information Security(정보보안)

1. 서론

소나(SONAR : Sound Navigation and Ranging)는 수

* Corresponding author, E-mail: yook@knu.ac.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

중으로 방사되는 추진기 및 선체의 소음을 수신하여 표적을 탐지하고, 정보를 분석하여 표적을 식별하는 센서(sensor)로써 함정 및 잠수함에서 널리 운용되고 있다. 함정에서 사용되는 소나 운용 영상은 waterfall, FRAZ(frequency analyser), DEMON(demodulation) 등 다양하게 존재하지만 Fig. 1과 같은 소나 waterfall 영상이 대표적인 소나 운용 영상이다.



Fig. 1. Sonar waterfall image

소나 waterfall 영상은 소나에 수신된 음향의 신호 처리 후 결과를 수신 시간(세로축)과 방위(가로축)로 구성하여 전시된다.

소나 waterfall 영상은 정보가 수신되는 주기에 따라 갱신되며, 0° ~ 360° 방위에 대해 음향정보가 존재하면 색과 강도(intensity)가 음향의 강도에 따라 부여된다. 이를 통해 표적음향이 존재하지 않는 영역의 배경(검은색)과 비교하여 음향의 존재 유무와 크기를 인지할 수 있다.

Fig. 1 내의 최상부는 현재 시간(t_n), 최하부는 영상 시작 시간(t_0)의 정보가 전시된다. 이와 같은 소나 waterfall 영상은 시간정보를 가지고 방위에 대해 변화하므로 특정 표적에 대한 음향 탐지 정보로 사용하기 위해 고정된 시간에서 캡처된 후 다양한 추가정보들과 연계되어 함정 전투체계 내부 정보관리시스템(information management system)의 데이터베이스(DB)에 저장된다. 추가 정보로는 탐지시간 및 위치, 음원의 특징, 표적제원과 운용자 입력 정보 등이 있다. 이러한 추가정보는 표적 식별(classification)을 위해 DB에 영상과 함께 저장되며, 표적 접촉 시 데이터베이스 정보와 대조하여 이전에 접촉된 표적과 일치 여부를 확인한다. 대조 후 과거 정보와 일치할 경우 저장된 정보를 기반으로 표적을 식별하고, 과거 정보와 비교하여 상이할 경우 데이터베이스의 추가 정보와 영상을 최신정보로 갱신(update) 또는 추가한다. 그러나, 현재 정보관리시스템의 DB는 임의의 사용자가 추가 정보에 접근하여 데이터를 조작하거나 연결된 영상을 삭제할 수 있

다. 또한 지속적인 운용 및 표적 접촉 환경에서 생성되는 추가 정보와 영상들은 운용자에 의해 연결성이 부여되고 관리되므로 정보가 많아지는 경우 추가정보와 영상의 연결성을 모두 추적하고 관리하기가 곤란한 경우가 빈번히 발생된다. 이와 같은 추가정보의 소실 또는 연결성의 삭제는 표적 접촉 상황에서 중요 정보의 누락으로 인해 표적을 소실하거나 표적을 잘못 식별하는 문제를 유발한다. 그러므로 함정 전투체계의 소나 운용 기능 및 정보관리시스템 개발 시 추가 정보와 영상의 악의적인 삭제 또는 연결 해제 및 연결성의 소실에 대비하고, 운용자가 분석하여 입력한 추가 정보들에 대한 비인가자의 접근을 방지하기 위한 보안 기법의 적용이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 보안 기법으로 정보은닉(information hiding) 기법을 적용하고자 한다. 이 기법은 Fig. 2와 같이 임의의 커버 영상(cover image)에 비밀 정보를 삽입하여 스테고 영상(stego image)을 생성하는 것으로 스테고 영상에 비밀 정보가 삽입되어 있는지를 인지할 수 없도록 하는 것이 목적이다. 이러한 정보은닉 기법을 적용함으로써 기존 운용 방식은 유지하면서 보안이 강화된 정보관리시스템의 개발이 가능하다.



Fig. 2. Concept of information hiding

전형적인 정보은닉 기법은 Fig. 3과 같이 분류¹⁴⁾되고, 비밀 정보를 복원하는 과정에서 커버 영상의 복원 여부에 따라 가역정보은닉(reversible data hiding)^{8-10,12,13,15-18)}과 비가역정보은닉(irreversible data hiding)^{2,6,7)}으로 나눌 수 있다. 가역정보은닉의 대표적인 기법으로는 히스토그램 이동(histogram shifting)^{1,3-6)}과 차분확장(differential expansion)^{2,19)}이 존재하고, 비가역정보은닉의 대표적인 기법으로는 LSB 삽입^{2,6,7)}과 PVD(pixel value differencing)^{11,14)}가 존재한다.

본 논문에서는 소나 waterfall 영상의 추가정보에 대한 정보보안과 관리, 접근제어를 위해 영상 내에 관련 추가정보를 삽입하는 가역 및 비가역 정보은닉 기법

적용이 가능함을 보인다. 또한, 기존의 그레이 스케일 영상을 이용한 정보은닉 기법의 실험 결과와 비교하여 본 논문의 연구 효과 및 우수성을 검증하여 합성 전투 체계에서 사용되는 소나 waterfall 영상에 대해 정보은닉 기법 적용을 통해 소나정보에 대해 보안을 강화할 수 있음을 보였다.

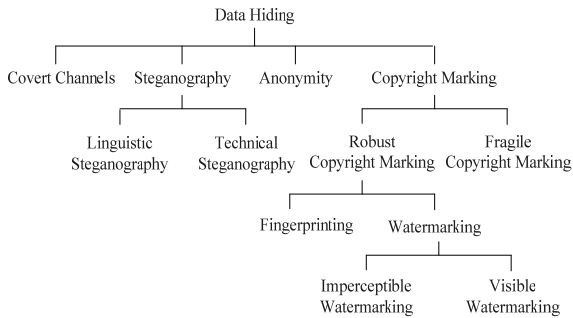


Fig. 3. Category of information hiding

추가정보를 소나 waterfall 영상 내에 삽입하는 것은 LSB 삽입과 히스토그램 이동 기법을 이용하여 수행하고, 생성된 스테고 영상을 통해 추가정보의 삽입 용량(embedding capacity)과 왜곡정도(PSNR)를 기존의 그레이 스케일(grayscale) 영상들과 실험을 통해 비교·분석한다. 실험 결과에서는 소나 waterfall 영상 내에 정보 은닉기법 적용 시 그레이 스케일 영상과 비교하여 PSNR은 기존 기법의 결과와 유사하고, 삽입 용량은 최대 61배 증가함을 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 그레이 스케일과 소나 waterfall 영상의 특성과 소나 waterfall 영상에 대한 추가정보의 내역을 기술하고, 3장에서는 소나 waterfall 영상에 적용할 정보은닉 기법을 소개하고, 기법 적용에 대한 실험결과를 분석을 4장에서 다루며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 본 론

본 절에서는 소나 waterfall 영상의 특성을 분석하기 위한 정보은닉 기법에서 널리 사용되는 그레이 스케일 영상들을 비교용 커버영상으로 선택하여 소나 waterfall 영상을 커버영상으로 사용하는 경우에 대해 영상특성을 비교한다. 또한 소나 waterfall 영상의 추가정보의 종류와 특성에 대해 살펴본다.

2.1 그레이 스케일 영상과 히스토그램

Fig. 4는 소나 waterfall 영상과 비교하기 위해 선택한 그레이스케일 영상들이며, 이 영상들의 특성을 분석하기 위해 Fig. 5의 히스토그램을 사용한다.

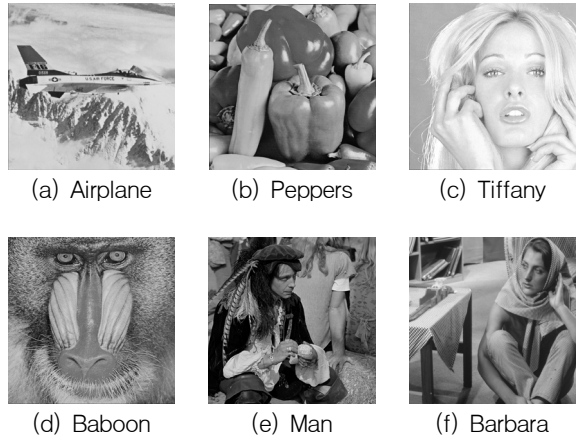


Fig. 4. Grayscale images

히스토그램(histogram)은 해당 영상의 표현 가능한 픽셀 값의 범위를 밀변으로 하고, 해당 영상의 픽셀 분포를 픽셀의 빈도와 비례하도록 도식화된 그래프로써 영상의 픽셀 분포 특성을 분석하기 위해 사용된다.

Fig. 4의 영상에 대한 히스토그램은 Fig. 5와 같다.

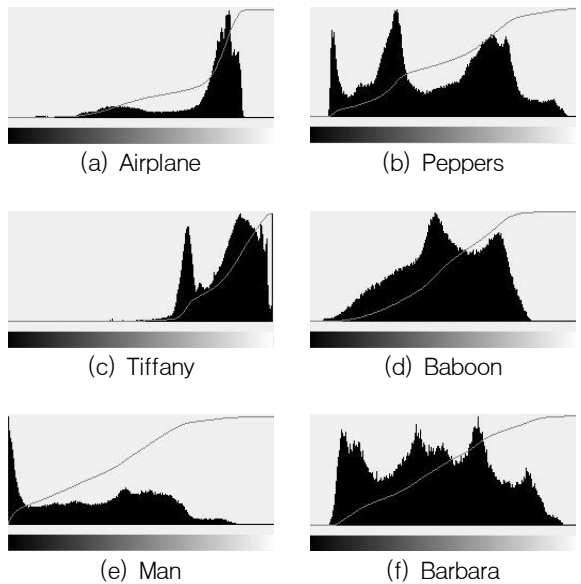


Fig. 5. Histogram of grayscale images

Fig. 5의 히스토그램 분석을 통해 그레이스케일 영상은 특정 구간에 집중되는 Fig. 4.(a) Airplane, Fig. 4.(c) Tiffany, Fig. 4.(e) Man과 상대적으로 넓게 분포되는 Fig. 4.(b) Peppers, Fig. 4.(d) Baboon, Fig. 4.(f) Barbara는 전체 구간 분포되는 형태를 보인다.

2.2 소나 waterfall 영상과 히스토그램

소나 waterfall 영상은 연속된 음향정보의 존재유무에 따라 세 가지 유형으로 분류되기 때문에 이에 대한 영상을 히스토그램으로 도식화한다. Fig. 6.(a)는 대부분이 잡음으로 구성된 정보를 나타내고, Fig. 6.(b)는 잡음이 다수인 환경에서 연속된 음향정보가 미약하게 존재하는 것을 나타내며, Fig. 6.(c)는 두 가지 소나에 대해 연속된 음향정보가 지속되는 표적 추적 상태로써 추가정보가 함께 저장되고 관리되는 소나운용 영상이다.

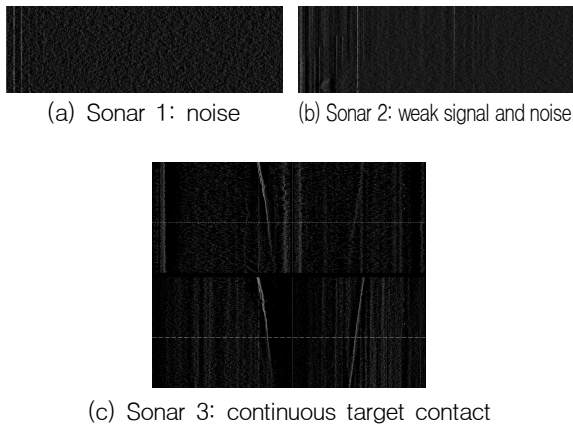


Fig. 6. Sonar waterfall image

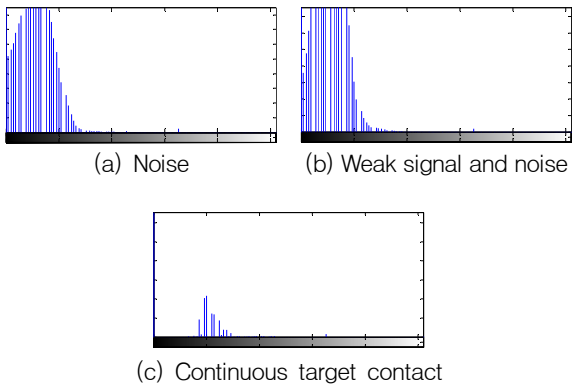


Fig. 7. Histogram of sonar waterfall image

Fig. 6.(a), 6.(b) 및 6.(c)의 소나 waterfall 영상에 대한 히스토그램은 각각 Fig. 7.(a), 7.(b) 및 7.(c)와 같다.

Fig. 7.(a)와 7.(b)의 히스토그램은 픽셀 분포가 전체 1/3에 집중되어 있으며 공백값이 2/3에 분포한다. Fig. 7.(c)는 픽셀 분포가 Fig. 7.(a)와 7.(b)보다 더 집중되며 집중된 구역 외 공백값이 더 많이 분포한다.

2.3 영상에 대한 비교·분석

소나 waterfall 영상과 그레이 스케일 영상의 특성을 Fig. 5와 Fig. 7의 히스토그램으로 비교·분석하면 다음과 같다.

소나 waterfall 영상과 비교 시 Airplane 영상은 배경이 차지하는 영역이 많아 픽셀 분포가 특정 영역에 집중되는 특성으로 그레이 스케일 영상 중 가장 유사성이 높다고 평가할 수 있다.

앞에서 언급한 것처럼 일반적으로 자료 분석에 많이 사용되는 그레이스케일 영상들을 커버영상으로 선정하여 소나 waterfall 영상을 커버영상으로 한 경우와 왜곡 정도와 삽입용량을 비교하였다.

히스토그램 비교 시 소나 waterfall 영상은 픽셀 값의 분포가 0 부터 100 사이의 영역에 집중되어 있지만, 그레이 스케일 영상의 픽셀 값의 분포는 0 부터 230 사이의 영역에 고루 분포하는 특성을 나타낸다. 한편, 소나 waterfall 영상은 히스토그램 분포 상 픽셀이 존재하지 않는 부분이 전체 범위 내에서 60 % 이상을 차지한다. 소나 waterfall 영상의 픽셀 값은 낮은 영역에서 최대 빈도가 되고, 픽셀 값이 높은 영역에서 공백(null) 값이 많이 존재한다. 이러한 특성으로부터 소나 waterfall 영상에 대해 히스토그램 이동 기법을 적용하면 기존 그레이 스케일 영상에 비해 비교적 많은 추가 정보를 삽입 가능함을 알 수 있다.

소나 waterfall 영상은 스테가노그래피에서 주로 사용되는 영상들과 상이한 특성 때문에 새로운 알고리즘 적용이 필요하다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 소나 waterfall 영상과 같이 히스토그램 변화가 많은 영상에는 좋은 성능을 가지나, 히스토그램 변화가 적은 영상인 경우에는 삽입용량과 영상 품질이 다소 떨어진다.

2.4 소나 waterfall 영상의 추가정보 내역

소나 waterfall 영상은 시간에 따른 음원의 방위만 전 시되므로 전자광학장비 및 레이더 등의 정보를 기반으로 추가 분석을 수행하여 유용한 정보를 도출한 후,

도출된 추가정보는 영상과 연계되어 데이터베이스 시스템에 저장된다. 소나 waterfall 영상과 연계되는 대표적인 추가정보는 다음과 같다.

측정시간 및 함정정보	<ul style="list-style-type: none"> • 시간: 최초 탐지시간, 최종 탐지시간 • 위치: 경위도 • 기상상태: 파고, 시정, 해무 등 • 자함정보: 분류(Class) 및 함번호, 명칭 • 표적정보: 분류(Class) 및 함번호, 명칭
음원정보	<ul style="list-style-type: none"> • 프로펠러 회전율(Propeller Shaft Rate; PSR) • 프로펠러회전율 주파수(PSR Frequency) • 엔진폭발율(Engine Firing Rate; EFR) • 엔진폭발율 주파수(EFR Frequency) • 프로펠러 날개 수(Blade Number)
운용자 입력정보	<ul style="list-style-type: none"> • 기동 정보: 속도, 이동경로 • 제원: 길이, 폭, 높이, 흘수 • 탑재체계: 무장, 센서 • 특징

함정 전투체계 내에 구현된 정보관리시스템의 추가 정보에 대한 입력 및 관리 화면은 다음 그림과 같다.



Fig. 8. Example of information management system

이러한 추가정보들은 영문 및 숫자로 입력되며 모든 정보 입력 시 최대 크기는 약 1 KB 이다.

이러한 추가정보는 소나 waterfall 영상 내에 추가되는 것이 아니고, 영상 파일과 정보 파일 간 단순 연결을 통해 관계가 부여되므로 분석 과정에서 영상과 연결이 해제되거나 잘못 연결되기도 하며, 운용자가 입력한 중요 추가정보들이 소실되는 경우가 발생된다. 또한, 표적 식별용으로 사용 가능한 추가정보 중 음원

정보와 같은 중요 정보는 임의의 비인가자가 접근할 수 있고, 수정 및 삭제가 가능하여 정보보호 측면에서 취약하다. 따라서, 정보은닉 기법을 소나 waterfall 영상에 대해 적용할 경우 추가정보와 영상의 잘못된 연결 또는 연결해제, 추가정보 누락과 소실을 방지할 수 있고, 중요 정보들의 노출차단 및 접근제한을 통한 강력한 보안성의 확보가 가능하다. 본 논문에서는 이러한 단점들을 고려하여 정보은닉 기법을 적용한 새로운 소나 waterfall 영상의 정보관리 방안을 제안한다.

3. 소나 waterfall 영상에 대한 정보은닉 기법

본 절에서는 소나 waterfall 영상에 대한 가역정보은닉과 비가역정보은닉의 대표적인 기법인 히스토그램 이동과 LSB 삽입 기법을 기술한다.

3.1 LSB 삽입 기법

LSB 삽입 기법^[2,6,7]은 대표적인 비가역정보은닉 기법으로써 그레이 스케일 커버 영상 내의 한 픽셀을 구성하는 8 비트 중 최하위 비트(least significant bit: LSB)에 비밀 데이터를 삽입하는 것으로 LSB가 변경되는 경우 변경된 픽셀의 값이 시각적으로 인지되기 어렵다는 사실에 기반을 두고 있다. 픽셀 내의 최상위 비트(most significant bit: MSB)가 변경된 경우 이에 대한 픽셀 값의 변화 영역은 ± 127 이지만, LSB가 변경된 경우 이에 대한 픽셀 값의 최대 변화 영역은 ± 1 이다. 이러한 사실을 기반으로 LSB 삽입 기법이 제안되었고, 한 픽셀 내의 8 비트 중 LSB 3 비트까지 변경되더라도 시각적으로 변경된 픽셀 값에 대한 인지가 불가능하다는 사실이 실험적으로 증명되었다. 다음 그림은 LSB 삽입기법의 예시로서 비밀 데이터 “1101”을 각각의 LSB에 삽입하는 과정을 나타내고 있다.

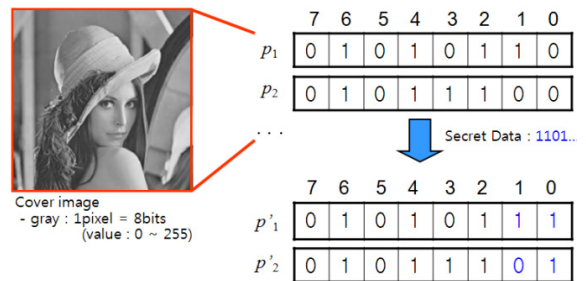


Fig. 9. Example of LSB insertion

LSB 삽입 기법의 삽입용량은 커버 영상 크기가 512×512이고, 비밀 데이터를 k -bit LSB(k 는 LSB 3비트로서 1,2,3)로 설정할 경우 $k \times 262,144$ 비트이다. 그러나 LSB 삽입 기법은 스테고 영상의 훼손, 변형, 왜곡 등이 발생할 경우 삽입된 비밀 데이터를 정확하게 복원하기 어려운 단점이 존재한다. 즉, 비밀정보가 영상의 공간 영역에 숨겨지므로 비밀정보 추출 후 영상이 훼손되어 영상 식별이 곤란하게 된다. 따라서 지형 영상과 같이 정보관리 상 원본 영상의 품질이 다소 저하되더라도 관련된 많은 추가정보가 더욱 유용한 경우 LSB 삽입 기법을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3.2 히스토그램 이동 기법

히스토그램 이동 기법^{1,3}은 대표적인 가역정보은닉 기법으로 이미지 히스토그램 내에서 최대 빈도에 해당하는 픽셀 값과 임의의 공백 값을 이용하여 최대 빈도의 픽셀에 대한 이동을 통해 비밀 정보를 삽입하는 기법이다. 다음 그림은 히스토그램 이동 기법으로 공백값, 최대 빈도 값, 최댓값에 따라 최대빈도 이동, 최댓값 조정 후 비밀 정보를 삽입하는 방법이다.

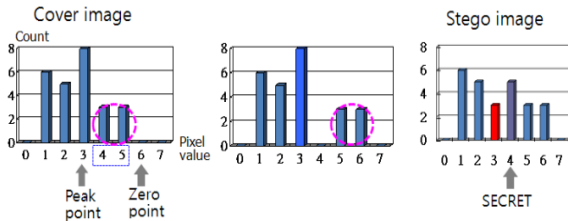


Fig. 10. Example of histogram shifting

히스토그램이동 기법은 최댓값의 빈도가 높고 공백이 많이 존재하는 경우 삽입 가능한 정보량이 증가하는 특성을 가진다. 그림 7.(a), 7.(b) 및 7.(c)의 히스토그램 특성이 이러한 특성을 가지고 있으므로, 소나 waterfall 영상에 히스토그램 이동 기법을 적용하면 삽입 용량이 그레이 스케일 영상에 비해 증가될 것임을 알 수 있다.

따라서, 소나 waterfall 영상이나 적외선 영상 등 표적 식별 및 분석용으로 사용되는 경우와 같이 비밀정보 삽입 후 원본 복원 시 영상의 훼손을 방지하여 원본을 유지해야 하는 영상 정보관리시스템이 요구되는 경우에는 가역정보은닉 기법을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

4. 실험 결과 및 분석

본 절에서 두 종류의 정보은닉 기법들을 Fig. 6의 소나 waterfall 영상에 적용한 후, Fig. 4의 그레이 스케일 영상들과 비교를 통해 삽입 가능한 추가정보 용량과 이미지 왜곡 정도를 나타내는 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 결과를 분석한다. PSNR 계산식은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (1)$$

위 식에서 MSE는 평균제곱오차(Mean squared error)로써 다음과 같이 정의된다.

$$MSE = \sum_{i=1}^{w \times h} \frac{(p_i - p'_i)^2}{w \times h} \quad (2)$$

w, h : 영상의 가로와 세로 픽셀 수

p_i : 커버영상 픽셀값, p'_i : 스테고영상 픽셀값

4.1 LSB 삽입 기법에 대한 결과 및 분석

소나 waterfall 영상과 그레이 스케일 영상들에 LSB 삽입 기법을 적용하여 PSNR을 비교한 결과는 Table 1과 같다.

소나 waterfall 영상 중 PSNR이 가장 큰 것은 1-bit LSB가 적용된 소나 waterfall 영상 3이며, 소나 영상 1과 2는 유사한 값이다. 그레이 스케일 영상의 가장 큰 PSNR은 Airplane이며, 소나 영상 3과 비교하면 차이는 최대 1.84 dB, 최소 0.74 dB로 차이가 크지 않으며, 다른 영상들은 PSNR이 유사하다.

LSB 삽입 기법 적용 시 소나 waterfall 영상과 그레이 스케일 영상의 크기별 삽입 가능 용량의 결과는 Table 2와 같다.

LSB 삽입 기법은 커버 영상의 LSB에 대해 동일하게 적용되므로, 이 값은 그레이스케일 영상의 삽입 가능한 정보량과 동일하다.

소나 waterfall 영상에서 삽입 가능한 추가정보량은 영상의 크기가 256×256에서 최소 65,536비트(8,192바이트)에서 최대 196,608비트(24,576바이트)이고, 영상의 크기가 512×512에서 최소 262,144비트(32,768바이트)에서 최대 786,432비트(98,304바이트)이다.

Table 1. PSNR comparison for LSB insertion

(unit: dB)

	소나 영상1		소나 영상2		소나 영상3	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	51.12	51.14	51.13	51.15	55.16	54.06
2-bit LSB	44.16	46.75	44.16	44.84	43.67	42.56
3-bit LSB	37.94	39.12	37.93	37.63	37.41	35.68

	Airplane		Peppers		Tiffany	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	55.90	55.90	55.92	55.88	50.98	51.14
2-bit LSB	44.03	44.05	44.54	44.49	44.16	45.70
3-bit LSB	38.23	38.21	38.10	38.09	37.94	37.62

	Baboon		Man		Barbara	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	51.13	51.14	51.12	51.11	51.12	51.10
2-bit LSB	44.36	45.78	44.15	45.70	42.69	46.02
3-bit LSB	37.87	37.61	37.93	37.63	37.94	37.62

따라서, 소나 waterfall 영상에 LSB 삽입 기법 적용 시 삽입 가능한 정보량이 최대 1 KB 인 추가정보보다 큰 값이므로 모든 추가정보의 삽입이 가능함을 알 수 있다.

4.2 히스토그램 이동 기법에 대한 결과 및 분석

Fig. 7의 소나 waterfall 영상과 Fig. 3의 그레이 스케일 영상에 히스토그램 이동 기법을 적용하여 PSNR을 비교한 결과는 Table 3과 같다.

소나 waterfall 영상 2의 PSNR이 다른 소나 영상 대비 우수하다. 그레이 스케일 영상과 비교 시 256×256 크기에서 PSNR이 가장 우수한 Barbara와 차이는 0.41 dB, 512×512 크기에서 PSNR이 가장 우수한 Baboon과 차이는 0.38 dB로 미소한 차이를 보인다.

소나 waterfall 영상의 크기 별 삽입 가능한 삽입용량은 Table 4와 같다. 히스토그램 이동 기법은 영상의 최

Table 2. Payload comparison for LSB insertion

(unit: bit)

	소나 영상1		소나 영상2		소나 영상3	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	65,536	262,144	65,536	262,144	65,536	262,144
2-bit LSB	131,072	542,288	131,072	542,288	131,072	542,288
3-bit LSB	196,608	786,432	196,608	786,432	196,608	786,432

	Airplane		Peppers		Tiffany	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	65,536	262,144	65,536	262,144	65,536	262,144
2-bit LSB	131,072	542,288	131,072	542,288	131,072	542,288
3-bit LSB	196,608	786,432	196,608	786,432	196,608	786,432

	Baboon		Man		Barbara	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
1-bit LSB	65,536	262,144	65,536	262,144	65,536	262,144
2-bit LSB	131,072	542,288	131,072	542,288	131,072	542,288
3-bit LSB	196,608	786,432	196,608	786,432	196,608	786,432

Table 3. PSNR comparison for histogram shifting

(unit: dB)

	소나 영상1		소나 영상2		소나 영상3	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	48.25	48.30	50.36	50.76	49.26	48.24

	Airplane		Peppers		Tiffany	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	48.16	48.33	48.18	48.23	48.23	48.52

	Baboon		Man		Barbara	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	48.23	51.14	48.17	48.17	49.95	49.94

대 빈도와 공백 값을 기준으로 정보를 은닉하게 되므로 최댓값의 빈도가 높고 공백이 많은 소나 waterfall 영상이 상대적으로 많은 정보를 삽입한다는 것을 알 수 있다.

Table 4. Payload comparison for histogram shifting (unit: bit)

	소나 영상1		소나 영상2		소나 영상3	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	3,700	21,009	2,861	10,725	17,126	218,195

	Airplane		Pepper		Tiffany	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	3,101	11,902	1,639	6,576	2,302	9,072

	Baboon		Man		Barbara	
	256×256	512×512	256×256	512×512	256×256	512×512
Histogram Shifting	1,512	3,567	1,385	5,470	1,025	4,057

소나 waterfall 영상은 그레이 스케일 영상보다 삽입 가능정보량이 높게 나타나며, 삽입 가능 정보량이 가장 큰 소나 waterfall 영상 3은 256×256 크기에서 17,126비트(2,140바이트), 512×512 크기에서 218,195비트(27,274바이트)이다. 이는 가장 낮은 소나 영상 2 대비 256×256 크기에서는 6배, 512×512 크기에서는 20.3배이다. 그레이 스케일 영상과 비교 시 256×256 크기에서 가장 낮은 Barbara 대비 16.7배, 가장 높은 Airplane 대비 5.5배이고, 512×512 크기에서 가장 낮은 Baboon 대비 61.2배, 가장 높은 Airplane 대비 18.3배 삽입 정보량이 많다.

소나 영상 1과 2의 256×256 크기 영상에 대해 삽입 정보량이 1 KB(8,000비트) 보다 낮지만 두 영상은 추가정보가 분석되고 저장되는 표적 접촉 및 추적 상태가 아니므로 추가 정보가 없는 경우의 영상이다.

히스토그램 이동 기법 적용 시 삽입 용량은 LSB 삽입 기법에 비해 상대적으로 작은 값이지만, 소나 waterfall 영상의 추가정보가 최대 1 KB 이므로 히스토그램 이동기법을 적용 시에도 모든 추가정보의 삽입이 가능하고 추가적인 확장도 가능함을 알 수 있다.

4.3 정보은닉 기법을 적용한 정보관리 설계방안

현재 정보관리시스템에서 Fig. 8의 추가정보는 Fig. 7의 소나 waterfall 영상과 연결성을 가지고 별도로 저장되고 관리된다. 이에 비해 본 논문에서 살펴본 정보은닉 기법을 정보관리시스템에 적용하면 다음 그림과 같은 정보삽입 및 정보추출 운용 흐름으로 설계된다.

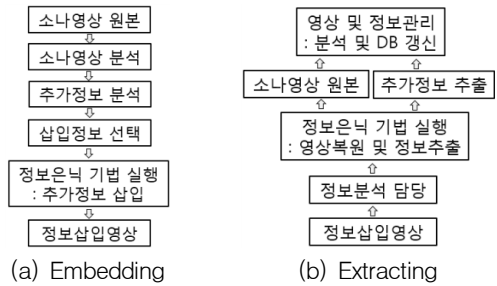


Fig. 11. Flow of new information management system using information hiding

Fig. 7의 영상에 Fig. 8의 추가정보가 삽입되고 추출되는 정보은닉 기법을 적용한 정보관리시스템은 다음 그림과 같은 정보 삽입 및 추출로 운용된다.

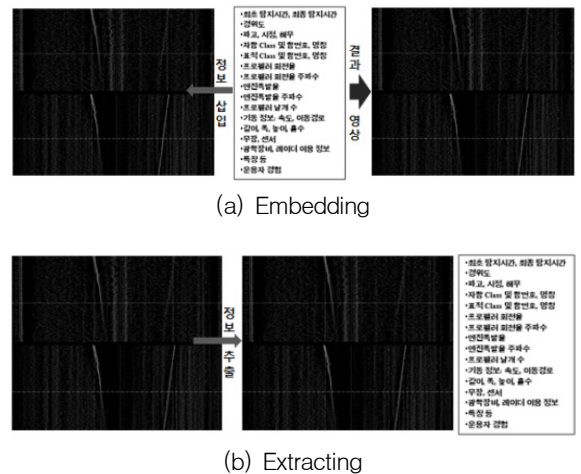


Fig. 12. Concept of new information management system using information hiding

정보를 원본 영상에 삽입하고 추출할 때 정보관리 및 정보분석 담당에게만 각각 권한을 부여하여 권한을 보유한 담당자만 정보를 삽입하고 추출한다. 정보추출 후 추가 분석이 완료된 정보는 표적 데이터베이스

스의 갱신에 사용되며 모든 함정에 분배하게 된다.

이와 같은 정보은닉 기법을 적용한 정보관리시스템 구현 시 Fig. 12.(a)와 같이 추가정보가 영상에 삽입되므로, 분석된 추가정보에 대한 접근 통제 및 노출 차단으로 중요 정보에 대한 정보보호를 달성하게 된다. 또한, 정보에 대한 권한을 가진 자만 정보를 삽입하고 추출하여 복원할 수 있으므로 현재 대비 보안이 강화된 정보관리시스템을 구현할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 함정 및 잠수함에서 사용되는 소나 운용 화면 중 대표적인 소나 waterfall 영상에 정보은닉 기법을 적용하여 추가정보에 대한 보안 강화와 영상과 연결성 유지가 가능함을 확인하였다.

본 논문의 연구를 통해 소나 waterfall 영상을 커버영상으로 정보은닉 기법을 적용할 경우 추가정보가 영상 내에 삽입되어 추가 정보의 노출 및 접근 방지를 통한 기밀성을 확보할 수 있으며, 영상에 삽입된 정보를 추출하여 제거할 때까지 추가정보와 소나 waterfall 영상의 연결이 유지되어 정보 소실을 방지할 수 있다.

본 논문에서 추가정보 분석 대상인 표적 접촉 및 추적 시 소나 waterfall 영상에 정보은닉 기법인 LSB 삽입 기법 적용 시 최소 65,536비트(8,192바이트)와 최대 786,432비트(98,304바이트)의 정보 삽입이 가능하고, 히스토그램 이동 기법 적용 시 최소 17,126비트(2,140바이트)와 최대 218,195비트(27,274바이트)의 정보를 삽입할 수 있으므로 최대 1 KB인 추가 정보들을 모두 영상에 삽입할 수 있음을 확인하였다. 또한, 히스토그램 이동 기법 적용 시 그레이 스케일 영상에 비해 최대 18배의 정보 삽입이 가능함을 실험을 통해 확인하였다. 반면, 소나 waterfall 영상과 그레이 스케일 영상의 PSNR은 근소한 차이임을 확인하였다. 이러한 실험결과를 통하여 함정 및 잠수함에 사용되는 소나 영상 정보관리에 정보은닉 기법을 적용할 수 있음을 보였다.

향후 소나 waterfall 영상과 다른 소나 영상(FRAZ, DEMON), 적외선(Near IR, Mid IR, Long IR, Far IR) 영상, 카메라(컬러 카메라, 흑백 카메라, Low luminance 카메라 등) 영상 및 레이더비디오 등의 군사용 영상들에 대한 특성 분석을 통하여 영상 특성을 반영한 최적 및 최대 정보은닉 기법을 제안할 계획이다. 또한, 함정 전투체계 내부 영상 및 관련 추가정보의 보호를 위해

군에 도입될 함정 전투체계 영상의 정보관리시스템에 영상의 특성을 반영한 정보은닉 기법을 개발하여 적용함으로써 보안성이 한층 더 강화된 정보관리시스템이 개발될 수 있도록 발전시킬 것이다.

후 기

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1D1A1A01058019).

References

- [1] W. J. Kim, P. Y. Kim, J. H. Lee, K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Reversible Data Hiding Method Based on Min/Max in 2×2 Sub-blocks," Journal of Korea Institute of Electronic Engineers, Vol. 51(4), pp. 69-75, 2014.
- [2] B. H. Jeon, G. J. Lee, K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Steganographic Method Based on Interpolation and Improved JPEG Prediction," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 16, No. 4, pp. 185-190, 2013.
- [3] D. S. Kim, K. Y. Yoo, "A Novel Reversible Data Hiding Scheme based on Modulo Operation and Histogram Shifting," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 15, No. 5, pp. 639-650, 2012.
- [4] B. Pfizmann., "Information Hiding Terminology," Proc. First International Information Hiding Workshop, LNCS 1174. pp. 347-350, 1996.
- [5] W. L. Tai, C. M. Yeh, and C. C. Chang, "Reversible Data Hiding Based on Histogram Modification of Pixel Differences," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 19, No. 6, pp. 906-910, 2009.
- [6] Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Ansari, and W. Su, "Reversible Data Hiding," Proc. of International Symposium on Circuits and Systems, Vol. 2, pp. 912-915, 2003.
- [7] C. K. Chan, L. M. Cheng, "Hiding Data in Images by Simple LSB Substitution," Journal of Pattern Recognition, Vol. 37, No. 3, pp. 469-474, 2007.

- [8] K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Data Hiding Using Image Interpolation," *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 31, No. 2, pp. 465-470, 2009.
- [9] K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Data Hiding Based on Two-Stage Referencing for Two-Colour Images," *The Imaging Science Journal*, Vol. 61, pp. 475-483, 2013.
- [10] K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Data Hiding using Edge Detector for Scalable Images," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 71, No. 3, pp. 1455-1468, 2014.
- [11] K. H. Jung, "High-Capacity Steganographic Method Based on Pixel-Value Differencing and LSB Replacement Method," *The Imaging Science Journal*, Vol. 58, No. 4, pp. 213-221, 2010.
- [12] K. H. Jung, "Data Hiding of Digital Images Based on Bit Position and Parity Bit," *The Imaging Science Journal*, Vol. 60, pp. 329-337, 2012.
- [13] K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Data Hiding Method in Binary Images Based on Block Masking for Key Authentication," *Information Sciences*, Vol. 277, pp. 188-196, 2014.
- [14] K. H. Jung, "A Data Hiding Method of Binary Images Using Pixel-Value Weighting," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 11, No. 4, pp. 53-60, 2008.
- [15] K. H. Jung, "Image Streganographic Method using Variable Length for Data Embedding," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 11, No. 3, pp. 115-122, 2008.
- [16] K. H. Jung, I. T. Kim, J. C. Kim, "Three-Directional Data Hiding Method for Digital Images," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 268-274, 2010.
- [17] K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Three-Directional Data Hiding Method for Digital Images," *Cryptologia*, Vol. 38, No. 2, pp. 178-191, 2014.
- [18] B. H. Jeon, G. J. Lee, K. H. Jung, K. Y. Yoo, "Reversible Secret Image Sharing Scheme using Histogram Shifting and Difference Expansion," *Journal of Korea Multimedia society*, Vol. 17, No. 7, pp. 849-857, 2014.