

컬러 영상의 RGB 화소 최대차분 기반 보간법을 이용한 정보은닉 기법

이준호[†], 김평한^{**}, 정기현^{***}, 유기영^{****}

Information Hiding Method based on Interpolation using Max Difference of RGB Pixel for Color Images

Joon-Ho Lee[†], Pyung-Han Kim^{**}, Ki-Hyun Jung^{***}, Kee-Young Yoo^{****}

ABSTRACT

Interpolation based information hiding methods are widely used to get information security. Conventional interpolation methods use the neighboring pixel value and simple calculation like average to embed secret bit stream into the image. But these information hiding methods are not appropriate to color images like military images because the characteristics of military images are not considered and these methods are restricted in grayscale images. In this paper, the new information hiding method based on interpolation using RGB pixel values of color image is proposed and the effectiveness is analyzed through experiments.

Key words: Interpolation, Information Hiding, RGB Pixel, Max Difference, Color Image

1. 서 론

함정 전투체계는 함정에 탑재된 각종 센서들을 이용하여 표적을 탐지 및 추적하고, 함포와 유도무기 등의 무장을 통제하여 교전을 수행하는 함정 작전 수행의 핵심 체계이다. 전투체계는 표적의 탐지 및 추적 단계에서 레이더(RADAR: Radio Detection and Ranging), 소나(SONAR: Sound Navigation and Ranging) 및 전자광학장비(Electro-Optical System) 등의 센서들을 이용하며, 탐지된 표적 정보

는 각 센서의 특성이 반영된 영상으로 전시된다. 전시되는 영상은 고유한 색으로 표현되는 컬러 영상이다. 함정 전투체계에서 생성되는 대표적인 군사영상은 Fig. 1이다.

Fig. 1의 군사 영상에서 소나 waterfall과 MAS (Mine avoidance sonar) 영상은 2차원의 검은색 배경의 녹색, 레이더비디오는 극좌표 형태의 검은색 배경의 녹색, 그리고 IR 영상은 2차원 흑백 영상의 형태로 전시된다. 군사 영상은 센서의 특성에 따른 전시 형태와 고유 색상을 가지므로, 군사 영상만 보더라도

* Corresponding Author: Kee-Young Yoo Address: (41566) Daehak-ro 80, Buk-gu, Daegu, Korea, TEL: +82-53-950-5553, FAX: +82-53-957-4846, E-mail: yook@knu.ac.kr

Receipt date: Feb. 12, 2017, Revision date: Mar. 3, 2017
Approval date: Mar. 9, 2017

[†] The 6th R&D Institute, Agency for Defense Development (E-mail: joonho0522@gmail.com)

^{**} Dept. of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University (E-mail: kph-zzang@hanmail.net)

^{***} Dept. of Cyber Security, Kyungil University (E-mail: khanny.jung@gmail.com)

^{****} Dept. of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University

* This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(No. 2015R1D1A1A01058019)

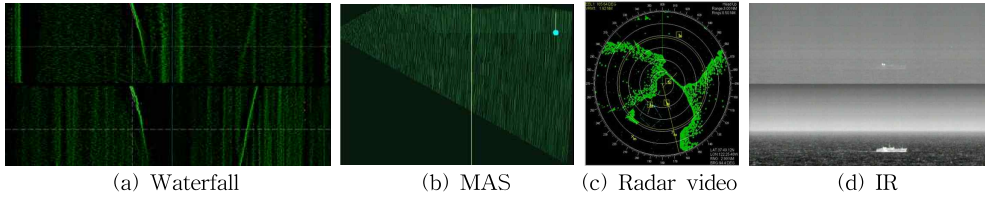


Fig. 1. Typical military images.

어떤 센서에서 생성된 군사 영상인지 인지가 가능하다. 이러한 군사 영상의 특징으로부터 원본 영상의 컬러는 유지하면서 비밀 정보를 영상에 삽입하고, 군사 영상 고유의 색이 제거된 스테고 영상을 생성할 수 있다면 군사 영상에 대한 정보은닉 기법으로써 유용하다. 군사 영상이 표적 식별 및 분석에 사용되므로 스테고 영상으로부터 원본인 컬러와 영상의 완전한 복원이 가능하여야 한다.

본 논문에서는 단일 색상의 군사 영상에 적용하였던 기존 연구[1,2]로부터 컬러인 군사 영상에 적용 가능하고, 원본 영상의 컬러 복원이 가능한 RGB 화소 최대차분 기반 보간법을 이용한 정보은닉 기법을 제안하고자 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 보간법 기반의 기존 연구를 살펴보고, 3장에서는 컬러인 군사 영상과 일반 영상의 R, G, B 특성을 분석하고, 4장에서는 R, G, B 화소 최대차분 기반 보간법을 이용한 정보은닉 기법을 제안한 후, 제안 기법 적용에 대한 실험과 결과 분석을 5장에서 다루며, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2009년 보간법(interpolation)이 정보은닉 기법으로 정보보호 분야에 도입된[3] 이후 현재까지 보간법의 삽입용량 증대와 화질 개선 등 성능 개선을 위한 다양한 연구[4-7]가 진행되고 있다. 보간법은 기존 영상의 화소 사이에 화소를 추가한 후 인접 화소의 평균값과 같이 영상 왜곡이 없는 수준의 값을 계산하여 추가된 화소값으로 정한 후 추가된 화소값과 기존 화소의 차 등을 이용하여 삽입 가능한 비밀 정보의 크기를 정한 후 비밀 정보를 삽입한다. 보간법 적용시 원본 영상은 2배로 확장되며 확장된 화소는 인접 화소값을 이용한 계산값을 적용하고, 이 값으로부터 삽입할 정보의 양을 계산한다. 즉, 인접 화소간의 화소값을 이용하므로 화소 간 급격한 값의 변화가 발생되지 않으므로 보간법 적용 후 비밀 삽입 영상은 원

본 영상과 시각적으로 차이가 식별되지 않는 유사한 영상으로 생성된다. 최근의 보간법 기반 정보은닉 기법은 영상의 품질 향상을 주제로 다루고 있다[8,9]. 새로운 보간법 기반 정보보호 기법을 제안하기 위해 대표적인 보간법 기반의 정보보호 기법을 살펴보고자 한다.

2.1 Neighbor Mean Interpolation(NMI)

보간법을 이용하여 정보은닉기법을 처음으로 제안한 인접값 평균 보간법(Neighbor Mean Interpolation; NMI)[3]은 다음과 같은 $n \times n$ 행렬을 $2n \times 2n$ 으로 확장하고, 확장 후 생성된 행렬의 각 행과 열에 원본 화소값의 평균값을 취한 후 원본 영상 화소값과 추가된 화소값의 차이를 계산한다. 계산된 차이값에 대해 \log_2 를 취하여 계산된 값이 삽입할 비밀 정보의 비트 수가 된다. 평균값과 화소값 차이에 \log_2 를 취하므로 삽입되는 정보가 크지 않으므로 생성된 영상의 화소가 급격하게 변화되지 않는다.

Fig. 2는 NMI를 이용한 보간법의 정보 삽입 절차이다.

2.2 Interpolation by Neighboring Pixels(INP) on max. difference values

최대 차분값의 인접 화소에 의한 보간법(Interpo-

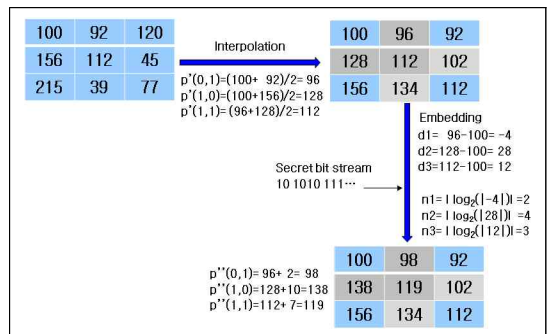


Fig. 2. The procedure of NMI.

lation by Neighboring Pixels on max. difference values; INP)[4]은 추가된 화소의 인접 화소값의 평균값을 취하는 NMI에 인접 화소값 중 최대값과 평균을 취한다. Fig. 2의 IMP 적용 시 생성되는 보간법 적용 후 결과를 Fig. 2와 비교 시 추가되는 화소값의 차이를 알 수 있다. 보간법 적용 후 삽입되는 정보의 크기는 원본 영상의 최대 화소값과 차이에 의해 결정된다. NMI와 비교 시 삽입 가능한 정보의 크기가 증가되었음을 알 수 있다.

2.3 Interpolation by Maximizing the difference values between Neighboring Pixels(IMNP)

인접 화소간 차분값 최대화에 의한 보간법(Interpolation by Maximizing the difference values between Neighboring Pixels Scheme; IMNP)[4]은 보간법 적용 시 원본 영상 화소값의 최대값을 이용한다. 이후 삽입되는 정보의 크기를 계산할 때는 보간법 적용 후 최소 화소값을 이용한다.

Fig. 4의 IMNP 적용 시 생성되는 보간법 적용 후 결과를 Fig. 2와 비교 시 추가되는 화소값의 차이를 알 수 있다. 보간법 적용 후 삽입되는 정보의 크기는 Fig. 2 대비 증가되었으나 Fig. 3과 동일하다.

보간법 기반 정보은닉 기법들은 그레이스케일 영상과 같은 단일 색의 영상에 적용된다. 컬러영상에 적용하기 위해서는 R, G, B 평면으로 분리한 후 보간법이 적용되어야 하므로 하나의 컬러영상에 적용 시 3개의 영상이 생성되며 생성된 세 영상은 그레이스케일 영상과 동일하다.

3. 컬러 영상의 RGB 특성 분석

컬러 영상은 R, G, B 값에 의해 정의되므로 R, G,

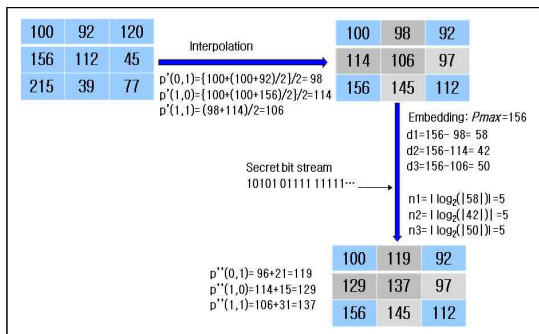


Fig. 3. The procedure of INP

B 평면으로 분리되고 각 평면은 화소값에 의해 정의된다. 본 절에서는 컬러인 군사영상과 일반영상을 R, G, B 영상으로 분리하여 각 영상의 화소값 분포 등의 특성을 분석한다. Fig. 1의 군사영상에서 waterfall과 MAS, 레이더비디오는 검은색과 녹색으로 구성되어 유사한 컬러특성을 가지므로, waterfall 영상과 적외선 영상을 분석대상으로 선택하였다. 비교를 위한 일반영상은 Lena 영상을 선택하였다.

Fig. 1의 군사 영상과 Fig. 5 일반 영상의 컬러영상에 대해 R, G, B 영상으로 분리하여 R, G, B 평면으로 분리 시 특성을 분석하였다.

Fig. 1의 컬러 waterfall 영상은 검은색 배경과 녹색으로 구성되므로 G 평면 영상이 원본 영상을 흑백을 변환한 후 영상과 유사하며 원본 영상의 모든 특징을 가진다. R과 B 평면 영상은 추적이 유지중인 음원 정보를 나타내므로 표적 식별과 추적 시 의미있는 정보와 동일하다.

Fig. 1의 컬러 적외선 영상은 색이 없는 흑백과 동일한 영상이므로 R, G, B 평면으로 분리 후 세 영상이 모두 유사하다.

Fig. 5의 컬러 Lena 영상은 전체 영상에서 붉은 계열의 색의 다른 색 대비 상대적으로 분포가 많으

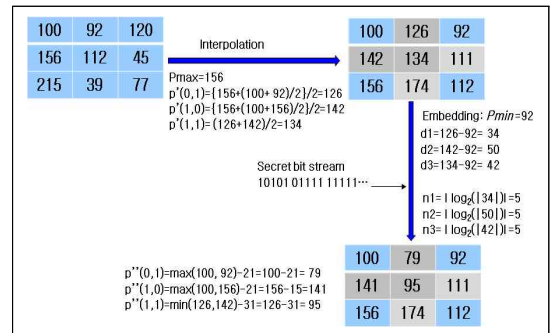


Fig. 4. The procedure of IMNP.



Fig. 5. Color image: Lena.

로 밝게 표현되고, G 평면 영상이 가장 진하게 표현된다. Fig. 8의 각 평면 영상은 전형적인 그레이스케일 영상과 동일하다.

Fig. 6, Fig. 7 및 Fig. 8의 각 평면에 대한 화소값을 추출하면 각각 Table 1, Table 2 및 Table 3과 같다.

Fig. 6 waterfall 영상의 RGB 영상에 대한 화소값은 Table 1과 같다.

waterfall 영상의 RGB 화소값을 분석하면 R과 B 평면 화소값은 대부분 0이며, G 평면은 화소값이 분포한다. G 평면의 화소값이 분포하는 것은 녹색 신호로 표현되는 waterfall 영상의 컬러 특성에 따라 컬러가 존재하는 위치에 화소값이 존재하기 때문이다.

Fig. 7 적외선 영상의 RGB 영상에 대한 화소값은 다음 표와 같다.

적외선 영상의 RGB 화소값을 분석하면 R, G 및 B plane의 동일 위치에 화소값이 분포한다. 이는 흑

백과 동일한 컬러 분포를 가지는 적외선 영상의 특성상 R, G 및 B plane으로 컬러가 분리되지 않기 때문이다.

Fig. 8 Lena의 RGB 영상에 대한 화소값은 다음 표와 같다.

Table 3의 화소값은 Fig. 8의 각 평면 영상에서 R 영상이 가장 밝아 높은 화소값의 분포를 가지므로, 영상에서 식별 가능한 특징과 동일한 화소값의 분포 특성을 가진다.

4. 제안 기법

4.1 RGB 화소값을 이용한 보간법

컬러영상에서 추출한 R, G, B 평면의 화소값으로부터 각 평면에 대한 $n \times n$ 행렬은 Table 4로 표현할 수 있다.

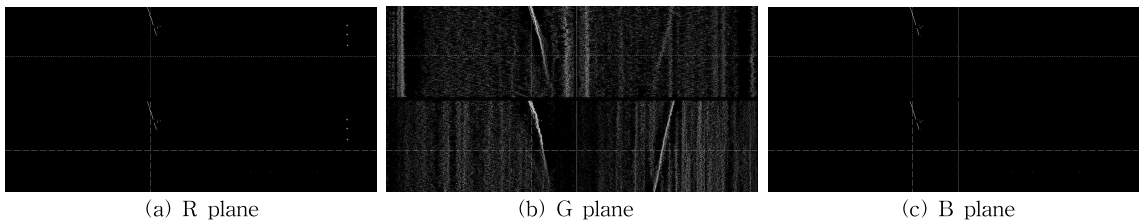


Fig. 6. The RGB plane images of waterfall.

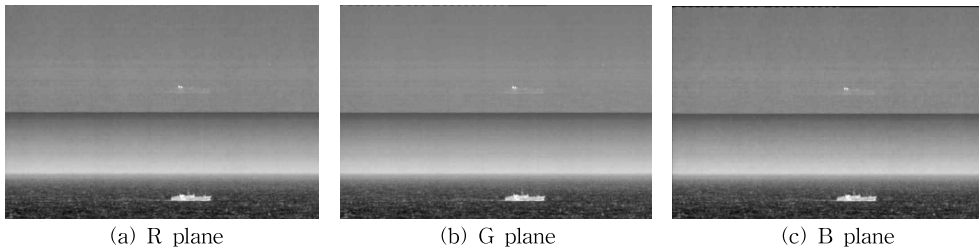


Fig. 7. The RGB plane images of IR.

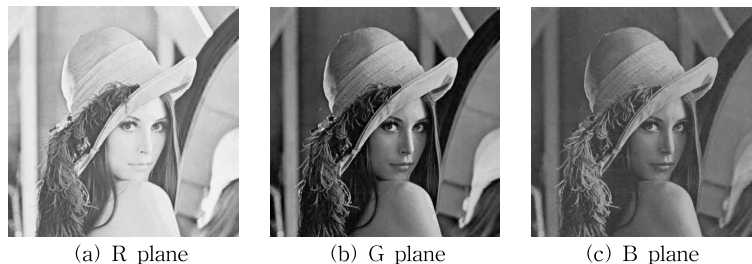


Fig. 8. The RGB plane images of Lena.

Table 4의 화소값을 이용하여 $2n \times 2n$ 행렬을 만들고 R, G, B 화소값을 각 화소에 채우면 Table 5의 $2n \times 2n$ 행렬의 커버 영상을 구성할 수 있다.

커버 영상 행렬에서 컬러영상의 화소에 대한 R, G, B 값이 분포하므로, 이 값들을 유지하면 원본 컬러영상의 복원이 가능하고, 빈 위치에 비밀정보를 삽입하는 것이 본 논문에서 제안하는 컬러영상의 RGB 화소값을 이용한 보간법의 아이디어이다. Table 5의 커버 영상에서 값이 없는 경우 화소값의 급격한 변화로 인해 영상의 왜곡이 발생할 수 있으므로, r_{xy} 와 g_{xy} , b_{xy} 값의 평균값인 I_{xy} 를 계산하여 최종 커버 영상을 생성한다. I_{xy} 를 적용한 커버 영상의 화소는 Table 6과 같다.

I_{xy} 를 R, G, B 값의 평균으로 계산함으로써 커버 영상의 화질의 향상되고, 비밀정보 삽입과 복원 시 간단한 계산을 통해 수행이 되므로 계산 부하가 감소된다. I_{xy} 의 계산은 다음 절에서 자세히 기술한다.

4.2 I_{xy}

Table 6의 I_{xy} 값은 R, G, B 화소값의 평균값을 이용하여 I_{xy} 값을 구한다.

$$I_{xy} = \text{Average}(r_{xy}, g_{xy}, b_{xy}) \quad (1)$$

계산된 값이 소수점 이하까지 존재할 경우 소수점 이하 값은 버림 처리하여 정수값을 취한다.

Lena 영상의 R, G, B 값을 이용하여 값을 계산하면 Table 7과 같다.

4.3 비밀 삽입

보간법 적용 후 삽입하는 비밀정보는 I_{xy} 값에 따라 결정된다. 비밀 삽입 후 화소값의 초과(overflow)를 방지하기 위해 최대 화소값인 255와 I_{xy} 의 차이인 화소 최대차분(max. difference)만큼 비밀정보를 삽입한다. 제안한 정보은닉 기법을 'RGB 화소 최대차

Table 1. The pixel value of R, G, B plane : waterfall

...
0	0	0	0	...	0	81	81	0	...	0	0	0	0	...
165	165	165	0	...	0	0	0	85	...	165	165	165	165	...
0	0	0	0	...	0	0	0	0	...	0	0	0	0	...
...

Table 2. The pixel value of R, G, B plane: IR

...
0	0	20	39	...	0	2	22	41	...	0	0	19	38	...
0	10	47	82	...	0	12	49	84	...	0	9	46	81	...
0	12	56	98	...	0	14	58	99	...	0	11	55	94	...
...

Table 3. The pixel value of R, G, B plane: Lena

222	222	226	222	...	133	133	137	133	...	121	121	129	121	...
222	222	226	222	...	133	133	137	133	...	121	121	129	121	...
222	222	226	222	...	133	133	137	133	...	121	121	129	121	...
222	222	226	222	...	133	133	137	133	...	121	121	129	121	...
...

Table 4. The pixel value of R, G, B plane

r_{00}	r_{01}	r_{02}	r_{03}	...	g_{00}	g_{01}	g_{02}	g_{03}	...	b_{00}	b_{01}	b_{02}	b_{03}	...
r_{10}	r_{11}	r_{12}	r_{13}	...	g_{10}	g_{11}	g_{12}	g_{13}	...	b_{10}	b_{11}	b_{12}	b_{13}	...
r_{20}	r_{21}	r_{22}	r_{23}	...	g_{20}	g_{21}	g_{22}	g_{23}	...	b_{20}	b_{21}	b_{22}	b_{23}	...
r_{30}	r_{31}	r_{32}	r_{33}	...	g_{30}	g_{31}	g_{32}	g_{33}	...	b_{30}	b_{31}	b_{32}	b_{33}	...
...

Table 5. The pixel value of expanded image

r ₀₀	g ₀₀	r ₀₁	g ₀₁	...
b ₀₀		b ₀₁		...
r ₁₀	g ₁₀	r ₁₁	g ₁₁	...
b ₁₀		b ₁₁		...
...

Table 6. Proposed interpolation with I_{xy}

r ₀₀	g ₀₀	r ₀₁	g ₀₁	...
b ₀₀	I ₀₀	b ₀₁	I ₀₁	...
r ₁₀	g ₁₀	r ₁₁	g ₁₁	...
b ₁₀	I ₁₀	b ₁₁	I ₁₁	...
...

Table 7. Cover image that proposed interpolation method is applied

222	133	222	133	...
121	159	121	159	...
222	133	222	133	...
121	159	121	159	...
...

분 기반 보간법'이라고 명명하였다. 식 (2)는 삽입되는 비밀정보의 길이를 계산하는 식이다.

$$L_{xy} = \lfloor \log_2(255 - I_{xy}) \rfloor \text{ [bit]} \quad (2)$$

식 (2)를 Table 7에 적용하면 삽입되는 정보의 길이는 식 (3), 식 (4)로 계산된다.

$$L_{00} = \lfloor \log_2(255 - I_{00}) \rfloor = \lfloor \log_2 96 \rfloor = 6 \text{ [bit]} \quad (3)$$

$$L_{01} = \lfloor \log_2(255 - I_{01}) \rfloor = \lfloor \log_2 96 \rfloor = 6 \text{ [bit]} \quad (4)$$

L_{xy}의 최댓값은 r_{xy}, g_{xy}, b_{xy}의 평균값이 0부터 127까지 일 경우로써 7비트이고, 최소값은 0비트이다. 삽입할 비밀 정보의 비트 열을 (10101010101010...)₂로 가정할 경우 제안한 정보은닉 기법을 적용한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Stego image that proposed method is applied

222	133	222	133	...
121	201	121	201	...
222	133	222	133	...
121	201	121	201	...
...

4.4 삽입 정보 복원

R, G, B 평면 화소값을 알고 있으므로 이를 이용하여 평균값인 I_{xy}를 계산한 후 이로부터 삽입된 비밀 정보를 식 (5)와 식 (6)으로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Embedding Secret}_{00} &= 201 - \text{Average}(222, 133, 121) \quad (5) \\ &= 42 = (101010)_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Embedding Secret}_{01} &= 201 - \text{Average}(222, 133, 121) \quad (6) \\ &= 42 = (101010)_2 \end{aligned}$$

삽입된 비밀 정보는 식 (7)과 같이 복원된다.

$$\text{Embedding Secret} = (10101010101010...)₂ \quad (7)$$

5. 실험 결과 및 분석

제안한 컬러영상의 R, G, B 평면의 화소값 기반 보간법을 이용한 정보은닉 기법을 적용한 실험결과를 분석하고자 한다. 결과 비교를 위해 군사영상과 일반영상은 동일한 512×512 크기로 조정 후 실험을 수행하였다.

5.1 제안 정보은닉 기법 적용 커버 영상

제안한 정보은닉 기법을 적용한 후 생성된 커버 영상은 Fig. 9이다.

R, G, B 평면 화소값의 평균값을 이용하여 생성된 영상이므로 원본 영상과 생성된 영상은 시각적으로 왜곡이 없고, 컬러영상이 그레이스케일 영상으로 변경된 것과 유사함을 알 수 있다.

5.2 제안한 정보은닉 기법 분석

5.2.1 삽입용량 및 PSNR

제안한 정보은닉 기법 적용 시 결과 비교분석을 위한 peak signal-to-noise ratio(PSNR)은 다음 식으로 계산된다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} 255^2 / MSE \quad (8)$$

$$MSE = \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (g_{ij} - g'_{ij})^2 / W \cdot H \quad (9)$$

식 (2)의 L_{xy} 값에 따른 삽입용량과 PSNR은 다음 표와 같다.

Table 9의 결과로부터 제안한 정보은닉 기법을 적용할 경우 군사영상은 일반영상 대비 삽입용량은 높

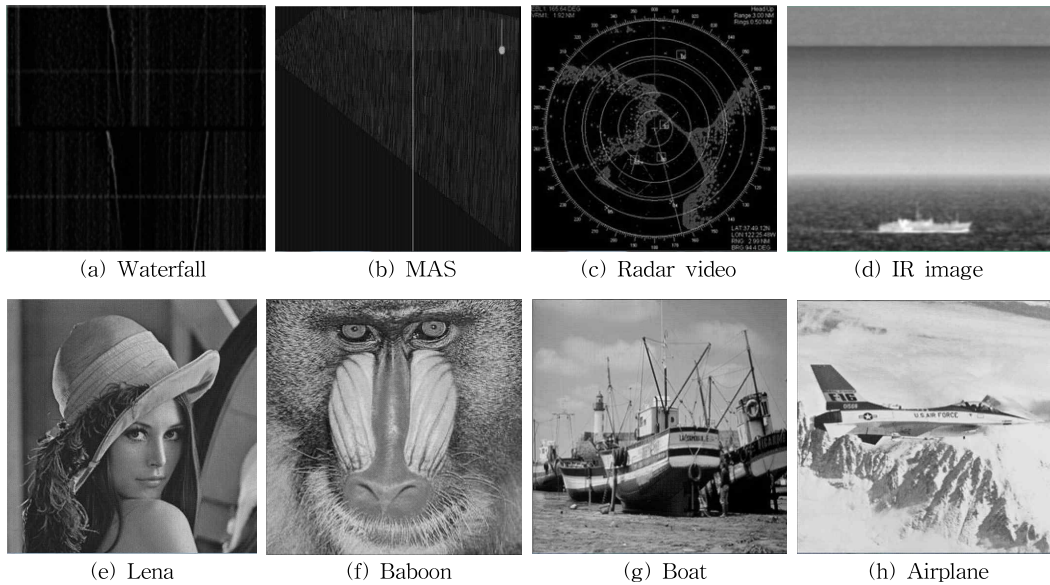


Fig. 9. Cover images that proposed method is applied.

Table 9. The comparison of embedding results

영상		Waterfall	MAS	Radar video	IR	Lena	Baboon	Boat	Airplane
삽입 용량 (unit: bits)	L_{xy}	455,650	458,713	458,657	410,968	444,992	425,551	415,814	361,459
	$L_{xy} - 1$	390,159	393,177	393,121	345,440	379,456	360,015	350,278	295,923
	$L_{xy} - 2$	324,759	327,641	327,585	279,919	313,920	294,479	284,742	230,387
	$L_{xy} - 3$	259,497	262,105	262,049	214,407	248,384	228,943	219,206	164,851
	$L_{xy} - 4$	194,439	196,569	196,513	148,943	182,848	163,407	153,670	99,315
PSNR (unit: dB)	L_{xy}	16.88	16.81	16.83	19.72	17.53	18.77	19.67	23.04
	$L_{xy} - 1$	22.96	22.90	22.89	25.81	23.60	26.86	25.72	29.13
	$L_{xy} - 2$	29.08	29.03	29.03	31.99	29.74	31.00	31.93	35.30
	$L_{xy} - 3$	35.33	35.28	35.28	38.22	35.99	37.32	38.22	41.71
	$L_{xy} - 4$	41.79	41.70	41.75	44.81	42.50	43.83	44.80	48.48

고, PSNR은 낮다. 이는 군사영상은 신호의 존재유무가 명확히 구분되므로 화소의 급격한 변화가 발생하기 때문이다. 삽입용량은 최댓값 비교 시 97,254비트 높고, 최소값 비교 시 49,628비트 높다. 반면 군사영상의 PSNR은 최댓값 비교 시 3.67dB 낮고, 최소값 비교 시 0.72dB 낮다.

비밀정보 삽입 후 PSNR이 30dB 이상인 경우 원본영상과 스테고 영상의 차이가 시각적으로 인지되지 않으므로 PSNR 증대를 위해 비밀 삽입 비트를 한 비트 씩 줄여서 실험을 수행한 결과이며, 이 경우 삽입용량은 줄어들지만 PSNR은 증대됨을 확인하였다.

군사영상과 일반영상에 대해 PSNR이 30dB 이상인 경우는 $L_{xy} - 3$ 과 $L_{xy} - 4$ 인 경우이지만, $L_{xy} - 3$ 의 비밀을 삽입한 경우 삽입용량은 $L_{xy} - 4$ 보다 약 65,000비트 높고, PSNR은 35dB 이상이다. 즉, 비밀정보의 삽입용량은 증가되면서 시각적으로 왜곡을 인지할 수 없는 스테고 영상의 생성이 가능하며, 삽입할 비밀 정보 비트를 줄이더라도 군사영상의 삽입용량이 일반영상 대비 높다.

제안한 정보은닉 기법은 식 (2)의 L_{xy} 에서 3비트를 줄여서 비밀을 삽입하는 것이 높은 삽입용량을 유지하면서 우수한 화질을 확보할 수 있는 최적의

삽입 정보량을 알 수 있다.

5.2.2 스테고 영상

제안한 정보은닉 기법에서 $L_{x,y}-3$ 의 비밀정보를 삽입한 후 생성된 스테고 영상은 Fig. 10과 같다.

생성된 영상은 컬러영상으로부터 생성되었으나, 그레이스케일 영상과 동일한 흑백 영상의 특성을 보이며 시각적으로 영상의 왜곡이 식별되지 않음을 알 수 있다.

5.2.3 제안 정보은닉 기법 검토

제안한 정보은닉 기법은 기존 보간법 기반 정보은닉 기법이 그레이스케일과 같은 단일 색상의 영상에 적용되었던 것과 달리, 컬러 영상에 적용하기 위해

제안되었다. 그레이스케일 영상에 적용되던 기존 기법의 적용 결과와 본 논문에서 제안한 기법 적용 결과는 동일한 수준에서 커버 영상과 스테고 영상이 생성되지 않으므로 바로 비교하는 것은 불가능하다. 기존 기법은 컬러영상에 적용 시 3개의 영상이 생성되는 반면 제안한 정보은닉 기법은 하나의 영상이 생성되므로 적용 후 스테고 영상의 수량이 상이하여 결과의 직접 비교가 불가하다. Table 9의 결과는 LSB(least significant bit) 기법 적용 시 비밀 삽입 비트에 따른 결과와 유사하므로, 스테고 영상에 LSB 기법[10-12]을 적용한 결과와 비교한다.

Table 10에서 $LSB-3/2/1$ 은 영상에 비밀정보를 삽입하는 최하위 비트 수를 의미하며, $LSB-3$ 이 최대인 3비트에 비밀을 삽입한 결과이다. LSB 기법 적용

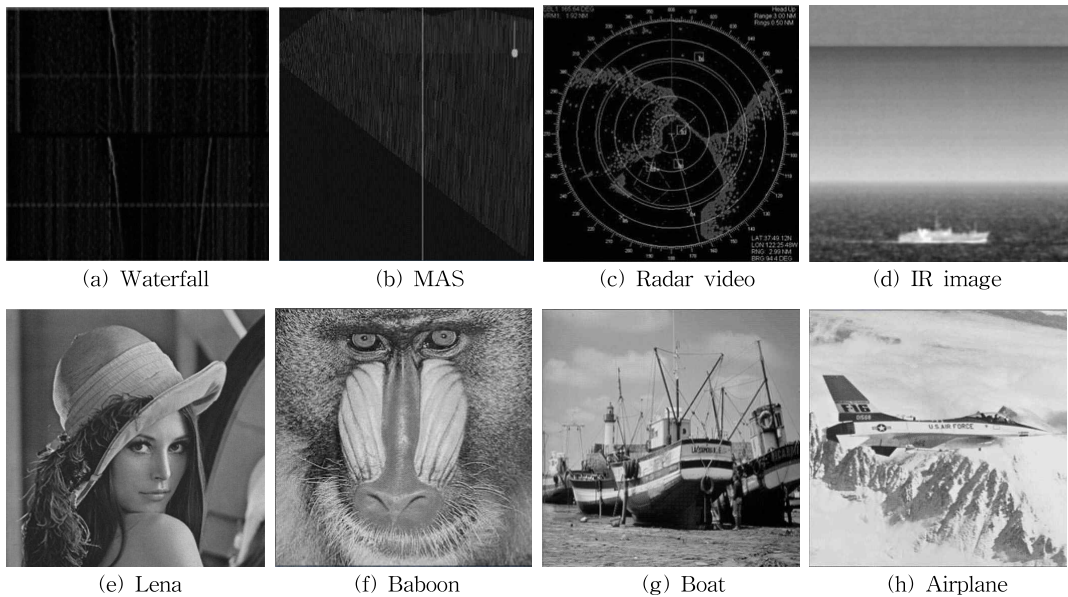


Fig. 10. Stego images that proposed information hiding is applied.

Table 10. The embedding results of LSB method

영상		Waterfall	MAS	Radar video	IR	Lena	Baboon	Boat	Airplane
삽입 용량 (unit: bits)	$LSB-3$	786,432	786,432	786,432	786,432	786,432	786,432	786,432	786,432
	$LSB-2$	524,288	524,288	524,288	524,288	524,288	524,288	524,288	524,288
	$LSB-1$	262,144	262,144	262,144	262,144	262,144	262,144	262,144	262,144
PSNR (unit: dB)	$LSB-3$	37.31	37.45	36.93	37.87	39.01	37.92	37.88	37.91
	$LSB-2$	43.79	44.15	43.59	44.15	43.5	44.14	44.14	44.15
	$LSB-1$	51.13	51.14	51.13	51.13	51.13	51.14	51.14	51.14

시 원본 복원이 불가한 비가역(irreversible) 기법이므로 절대적 비교가 불가하지만, 기법 적용 후 효과의 경향을 비교하고자 한다. 위 표의 결과에서 삽입되는 비트가 줄어들수록 삽입용량은 감소하지만 PSNR은 증가하는 경향을 보인다. 삽입용량은 비트 감소에 따라 약 260,000비트 감소되며, PSNR은 약 7dB 증가된다.

제안한 기법이 적용된 Table 9의 결과는 삽입된 비밀정보 추출 후 원본 복원이 가능한 가역(reversible) 정보은닉 기법에 대한 결과이다. 비밀 삽입 비트 감소에 따른 결과를 Table 10의 결과와 비교 시 삽입용량은 1비트 감소할 때 약 6,000비트 감소되고, PSNR도 약 6dB 씩 증가되므로 감소되는 양이 상대적으로 작다.

5.2.4 기존 보간법 기반 정보은닉 기법과 제안한 정보은닉 기법 비교

제안한 정보은닉 기법 적용 결과를 기존 보간법과 비교하여 특징을 분석하기 위해 기존 기법 중 제안 기법과 동일한 평균값을 이용하며 보간법의 기본이 되는 NMI를 컬러인 waterfall과 Lena에 적용 후 결과를 비교하였다. 기존 보간법 기반 기법은 컬러 영상을 R, G, B 평면 영상으로 분리 후 각 영상에 적용되므로 적용 효과는 각 영상 별로 계산된다.

waterfall 영상에 R, G, B 평면 영상에 NMI를 적용 후 생성되는 스테고 영상은 Fig. 11이다.

Fig. 11. 영상들은 Fig. 6의 R, G, B 평면으로 분리된 영상과 유사하다.

제안한 정보은닉 기법과 NMI 적용 후 성능을 비교한 결과는 Table 11이다.

NMI 적용 시 waterfall 영상의 G 평면 영상의 삽입용량은 R과 B 평면 영상의 약 2배인 148,201비트이고, PSNR은 세 평면에 대해 유사하다. Lena 영상은 G와 B 평면 영상의 삽입용량과 PSNR은 유사하고, R 평면 영상은 삽입용량은 높지만 PSNR은 낮다. 제안한 정보은닉 기법은 하나의 영상에 대해 삽입할 비밀 정보 비트 열($L_{xy} - k$)을 조정하면서 삽입용량과 PSNR을 계산하였다. 제안한 기법의 PSNR이 30dB 이상이 되는 $L_{xy} - 3$ 에 대해 NMI와 비교 시 waterfall은 삽입용량이 높고 Lena는 유사하다. 제안 기법은 waterfall과 Lena에 대해 삽입용량과 PSNR이 유사하지만, NMI는 waterfall과 Lena에 대한 결과의 차이가 크다.

NMI와 용이한 비교를 삽입용량과 PSNR의 평균을 취한 후 제안 보간법의 $L_{xy} - 3$ 과 비교하면 PSNR은 모두 30dB 이상으로 양호하고, 삽입용량은 waterfall인 경우 제안한 보간법이 약 3배 높고 Lena는 유사하다. 제안한 기법을 군사영상에 적용 시 기존

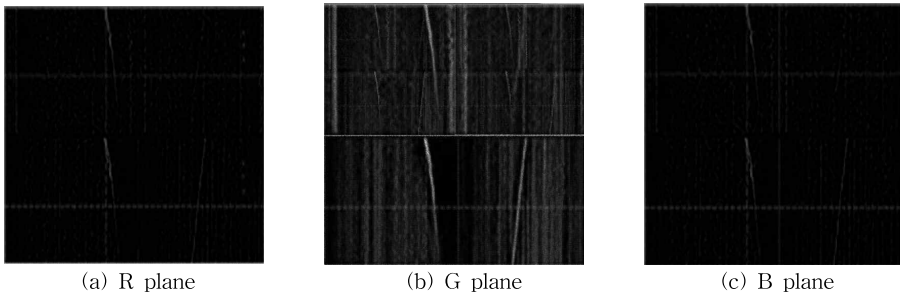


Fig. 11. Stego images that NMI is applied.

Table 11. The Comparison for conventional and proposed method

영상	NMI						Proposed method					
	Waterfall			Lena			Waterfall			Lena		
	R	G	B	R	G	B	$L_{xy} - 2$	$L_{xy} - 3$	$L_{xy} - 4$	$L_{xy} - 2$	$L_{xy} - 3$	$L_{xy} - 4$
삽입용량 (unit: bits)	72,890	148,201	75,352	253,396	226,569	226,769	324,759	259,497	194,439	313,920	248,384	182,848
	Average: 98,814			Average: 235,578								
PSNR (unit: dB)	42.90	41.84	42.75	37.48	39.17	39.47	29.08	35.33	41.79	29.74	35.99	42.50
	Average: 42.50			Average: 38.71								

보간법인 NMI 대비 우수하다.

제안한 정보은닉 기법이 기존 기법인 NMI 대비 영상에 따른 성능의 변화가 적고, 영상의 품질도 우수하며 삽입용량도 높다. 제안한 정보은닉 기법은 계산 부하 측면에서 $\frac{1}{3}$ 이므로 낮은 계산 부하로 실시간 처리가 요구되는 고속 통신 환경에 적용 가능하고, 하나의 영상만 전송되므로 통신망 부하가 낮아 대용량 영상의 통신에도 적용 가능하다.

6. 결 론

본 논문에서 컬러 영상의 R, G, B 화소값 기반 보간법을 이용한 정보은닉 기법을 제안하고, 제안한 정보은닉 기법을 군사영상과 일반 영상에 적용한 후 효과를 실험을 통해 분석하였다.

기존 보간법 기반 정보은닉 기법들은 그레이스케일 영상과 같은 단일 색의 영상에 적용되었으며, 컬러영상에 적용하기 위해서는 R, G, B 평면으로 분리한 후 각 평면에 대해 보간법이 적용되므로 하나의 컬러영상에 적용 시 3개의 영상이 생성된다. 컬러 영상에서 각 평면으로 분리된 후 생성된 R, G, B 평면 영상은 그레이스케일 영상과 동일하다.

본 논문에서 제안한 컬러영상의 RGB 화소값 기반 보간법은 컬러영상을 R, G, B 평면으로 분리하지 않고 적용되므로 커버 영상과 스테고 영상이 하나의 영상으로 생성되고, 비밀 삽입 후 스테고 영상은 그레이스케일 영상과 동일한 특성을 가진다. 이러한 스테고 영상은 흑백 영상의 특성을 나타내므로, 사용된 컬러로부터 군사영상의 특성 및 종류를 파악할 수 없지만 영상에 비밀정보의 삽입과 원복 컬러 영상의 복원이 가능한 장점을 가진다. 또한, R, G, B 평면의 화소값 평균을 이용하여 삽입 가능한 비밀 정보량을 계산하므로 비밀 삽입과 추출, 영상 복원 시 계산이 복잡하지 않고 용이하다. 더하여, 본 논문에서 제안한 정보은닉 기법을 군사영상과 일반 영상에 적용 시 최적의 비밀 삽입용량과 PSNR을 확보할 수 있는 삽입 정보량을 식별하였다.

최적의 비밀 삽입 정보량 적용 시 제안 기법이 적용된 군사영상은 일반영상 대비 높은 삽입용량과 유사한 PSNR 특성을 보인다.

향후 군사영상의 스테고 영상에 대한 화질 향상을 통해 일반영상 대비 높은 삽입용량을 유지하면서 최

대 삽입정보량 적용 시 PSNR도 높일 수 있는 연구를 수행할 계획이다.

REFERENCE

- [1] J.H. Lee, K.H. Jung, and K.Y. Yoo, "Hybrid Information Hiding Method Based on the Characteristics of Military Images on Naval Combat System," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 9, pp. 1669-1678, 2016.
- [2] J.H. Lee, S.H. Shin, K.H. Jung, and K.Y. Yoo, "Study of Information Hiding Methods for SONAR Images in the Naval Combat System," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol. 18, No. 6, pp. 779-788, 2015.
- [3] K.H. Jung and K.Y. Yoo, "Data Hiding Using Image Interpolation," *Computer Standards and Interfaces*, Vol. 31, No. 2, pp. 465-470, 2009.
- [4] L. Luo, Z. Chen, and M. Chen, "Reversible Image Watermarking using Interpolation Technique," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 5, No. 1, pp. 187-193, 2010.
- [5] J. Hu and T. Li, "Reversible Steganography Using Extended Image Interpolation Technique," *Computer and Electrical Engineering*, Vol. 46, No. 8, pp. 447-455, 2015.
- [6] P.V.S. Govind, M.K. Sajila, and B.M. Varghese, "A Two Stage Data Hiding Scheme with High Capacity Based on Interpolation and Difference Expansion," *Proceeding of International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology*, Vol. 24, pp. 1311-1316, 2015.
- [7] C.J. Yang, S.C. Hsu, and C.S. Kim, "Improving Stego Image Quality in Image Interpolation Based Data Hiding," *Computer Standard and Interface*, Vol. 50, No. 8, pp. 209-215, 2017.
- [8] S.A. Parah, F. Ahad, J.A. Sheikh, and G.M. Bhat, "Hiding Clinical Information in Medical Images: A New High Capacity and Reversible

Data Hiding Technique,” *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 66, No. 2, pp. 214-230, 2017.

[9] T.C. Lu, “An Interpolation-based Lossless Hiding Scheme Based on Message Recording Mechanism,” *Optik*, Vol. 130, pp. 1377-1396, 2017.

[10] W.J. Kim, P.H. Kim, J.H. Lee, K.H. Jung, and 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, No. 4, pp. 69-75, 2014.

[11] Z. Ni, Y.Q. Shi, N. Ansari, and W. Su, “Reversible Data Hiding,” *Proceeding of International Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 2, pp. 912-915, 2003.

[12] C.K. Chan and L.M. Cheng, “Hiding Data in Images by Simple LSB Substitution,” *Journal of Pattern Recognition*, Vol. 37, No. 3, pp. 469-474, 2007.



이 준 호

1996년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1998년 경북대학교 전자공학과 공학석사
 2015년 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 박사수료

1998년~현재 국방과학연구소 책임연구원
 관심분야 : 정보보호, 스테가노그래피, 합성전투체계, 체계공학



김 평 한

2013년 대구대학교 정보통신대학 전산공학전공 공학사
 2015년 경북대학교 컴퓨터공학부 공학석사
 2016년~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 박사과정

관심분야 : 암호학, 정보보호, 스테가노그래피



정 기 현

1995년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2007년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1997년~2003년 국방과학연구소 선임연구원
 2003년~2015년 영진전문대학 컴퓨터정보계열 교수
 2015년~현재 경일대학교 사이버보안학과 교수
 관심분야 : 정보보호, 디지털 워터마킹, 디지털 포렌식, 게임/모바일프로그래밍



유 기 영

1976년 경북대학교 수학교육과 이학사
 1978년 한국과학기술원 전산학과 공학석사
 1992년 미국 Rensselaer Polytechnic Institute 전산학과 이학박사

1997년~1998년 한국정보과학회 영남지부장
 1999년~2001년 한국정보과학회 영남지부장
 1999년~2003년 한국정보과학회 이사
 2006년~2010년 한국정보보호학회 부회장
 1978년~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 교수
 관심분야 : 암호학, 정보보호, 유비쿼터스보안, 네트워크 보안, 데이터베이스보안, 스테가노그래피, 인증프로토콜