

영상의 지역성과 인접 픽셀 차분 시퀀스를 이용하는 가역 데이터 임베딩 기법

정수목*

Reversible Data Embedding Algorithm Using the Locality of Image and the Adjacent Pixel Difference Sequence

Soo-Mok Jung*

요약 본 논문에서는 영상의 지역성과 인접 픽셀 차분시퀀스를 이용하는 가역 데이터 임베딩 기법을 제안하였다. 자연 영상에는 일반적으로 지역성이 존재한다. 영상의 지역성을 이용하여 인접한 픽셀 값을 예측하는 기법을 기존의 기법인 APD(Adjacent Pixel Difference) 기법에 적용하여 임베딩 가능한 데이터 량을 증가 시키고 다양한 레벨로 데이터 임베딩을 가능하게 하는 가역 데이터 임베딩 기법을 제안하였다. 실험결과를 통하여 제안된 기법의 우수성을 확인하였다.

Abstract In this paper, reversible data embedding scheme was proposed using the locality of image and the adjacent pixel difference sequence. Generally, locality exists in natural image. The proposed scheme increases the amount of embedding data and enables data embedding at various levels by applying a technique of predicting adjacent pixel values using image locality to an existing technique APD(Adjacent Pixel Difference). The experimental results show that the proposed scheme is very useful for reversible data embedding.

Key Words : Cover image, Locality, Reversible data embedding, Adjacent pixel, Difference sequence

1. 서론

커버 이미지(cover image)에 기밀 데이터(secrete data)를 사람이 인지할 수 없도록 임베딩하여 스테고 이미지(stego-image)를 생성하고, 생성된 스테고 이미지로부터 원본 커버 이미지와 기밀 데이터를 손실 없이 추출할 수 있는 가역 데이터 임베딩 기법은 의학, 군사 등의 응용에 효과적으로 사용될 수 있다.[1]-[6] 효과적으로 데이터 임베딩을 하기 위하여 APD(Adjacent Pixel Difference) 기법이 Li 등에 의하여 제안되었다. APD 기법에서는 인접 픽셀 값들 간의 차를 이용하여 데이터 임베딩을 수행한다.[2]

본 논문에서는 기존의 기법을 개선하여, 영상에 일반적으로 존재하는 지역성을 효과적으로 이용하는 인접 픽셀 값 예측기법을 설계하여 이를 APD 기법에 적용한 가역 데이터 임베딩 기법을 제안하였다. [6]-[7] 제안된 기법으로 데이터 임베딩을 수행하면, 기존의 기법에 비하여 더 많은 데이터를 효과적으로 임베딩 할 수 있으며, 또한 필요에 따라 다양한 레벨로 데이터 임베딩을 수행 할 수 있다. 본 논문에서 제안된 기법으로 데이터 임베딩을 수행하여 생성된 스테고 이미지는 기밀 데이터가 임베딩 되어 있는지 여부를 판단 할 수 없을 만큼 시각적으로 우수한 화질을 유지한다. 본 논문에서 제안된 기법의 성능이 기존의 기법에 비하여 우수

*Corresponding Author : Division of Computer Science & Engineering, Sahmyook University (jungsm@syu.ac.kr)

Received November 29, 2016

Revised December 12, 2016

Accepted December 12, 2016

함을 실험을 통하여 확인하였다.

2. APD 기법

APD기법은 인접한 픽셀 값들이 유사한 값을 갖는 특성을 이용하여 커버 이미지에 임베딩 되는 데이터를 크게 증가시키는 기법이다. APD 기법의 데이터 임베딩 절차는 다음과 같다.

1. cover image의 픽셀 값을 역-s순(inverse s-order)으로 scan하여 시퀀스 C 생성.
2. 식 (1)을 만족하는 인접 픽셀 간의 차분 시퀀스 D 생성.

$$D_i = \begin{cases} C_i & i = 0 \\ C_{i-1} - C_i & 1 \leq i \leq n-1 \end{cases} \quad (1)$$

3. 시퀀스 D에 대한 히스토그램을 생성한 후, 가장 큰 빈도수와 두 번째로 큰 빈도수를 갖는 PP1, PP2를 결정. PP1, PP2에 가장 가까이 위치한 빈도수가 0인 값을 갖는 픽셀 값인 CZP1, CZP2 결정.
4. 식 (2), (3)에 따라 차분 시퀀스 DS 생성.

$$DS_i = \begin{cases} D_i & i = 0 \text{ or } F_i \notin [PP_j + sd_j, CZP_j] \\ D_i + sd_j & F_i \in [PP_j + sd_j, CZP_j] \end{cases} \quad (2)$$

$$sd_j = \begin{cases} 1 & PP_j < CZP_j \\ -1 & CZP_j < PP_j \end{cases} \text{ where } j \in \{1, 2\} \quad (3)$$

5. 식 (4)와 같이 기밀 데이터를 임베딩 한, 임베딩 시퀀스 DE 생성.

$$DE_i = \begin{cases} DS_i & i = 0 \text{ or } F'_i \neq PP_j \text{ or } \text{databit} = 0 \\ DS_i + sd_j & F'_i = PP_j \text{ and } \text{databit} = 1 \end{cases} \quad (4)$$

6. 식 (5)에 따라 스테고 이미지 시퀀스 S 생성

$$S_i = \begin{cases} DE_i & i = 0 \\ C_{i-1} - DE_i & 1 \leq i \leq n-1 \end{cases} \quad (5)$$

where $n = (\text{image height}) * (\text{image width})$

7. 시퀀스 S를 순차적으로 scan하여 역-s순(inverse s-order)으로 stego-image 생성

APD 기법에서, 스테고 이미지로 부터의 기밀 데이터와 원본 커버 이미지 추출 절차는 다음과 같

다.

1. 스테고 이미지를 역-s순(inverse s-order)으로 scan하여 시퀀스 S 생성.
2. i 값을 증가 시키면서 2.1과 2.2를 차례대로 반복적으로 수행하여 시퀀스 C, DE 복원.

- 2.1. 식 (6)에 따라 시퀀스 DE 복원.

$$DE_i = \begin{cases} C_i & i = 0 \\ C_{i-1} - S_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

- 2.2. 식 (7)을 사용하여 시퀀스 C 복원.

$$C_i = \begin{cases} S_i & i = 0 \\ S_i + sd_j & 1 \leq i \leq n-1 \text{ and } C_{i-1} - S_i \in (PP_j, CZP_j) \\ S_i & \text{the otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

3. DE_i에 대하여 식 (8)을 적용하여 stego-image에 삽입되어 있는 기밀 데이터 추출.

$$\text{Extraction bit} = \begin{cases} 0 & DE_i = PP_j \\ 1 & DE_i = PP_j + sd_j \end{cases} \quad (8)$$

4. 복원된 시퀀스 C를 scan하여 역-s순(inverse s-order)으로 커버 이미지 생성.

APD 기법에서는 임베딩 되는 최대 데이터 비트수는 $h(PP1)+h(PP2)$ 로 제한되는 단점을 갖는다.

3. Advanced APD(AAPD) algorithm

일반적으로 자연 영상에는 지역성이 존재한다. 지역성이 높은 영역에서는 인접한 픽셀 값들이 유사하기 때문에, 인접한 픽셀 값들을 이용하여 픽셀 값을 효과적으로 예측 할 수 있다. 그림 1은 제안된 기법에서 픽셀 값 예측에 사용되는 인접 픽셀들을 보여주고 있다. 그림 1에서 커버 이미지 내 인접 픽셀들은 픽셀 값을 예측하는 지점까지 역-s순(inverse s-order)으로 스캔을 완료한 픽셀들이다. 역-s순으로 기 스캔된 픽셀들만을 사용하여 픽셀 값을 예측하기 때문에 복원 시, 스테고 이미지로부터 커버 이미지를 완벽하게 복원할 수 있고, 임베딩 되어 있는 기밀 데이터를 손실 없이 추출할 수 있다. 제안된 기법에서는 식 (9)를 사용하여

예측 픽셀 후보 값을 구한다. 계산된 V_1 을 식 (10)에 적용하여 계산한 편차(d)가 기준치(κ)보다 적을 경우에는 해당 위치에서의 지역성이 큰 것으로 판단하여 구해진 값 V_1 을 예측 픽셀(PV) 값으로 둔다. 그러나 V_1 을 사용하여 계산한 편차(d)가 기준치(κ)보다 클 경우에는 해당 위치에서의 지역성이 매우 낮은 것으로 판단하여 예측 픽셀 값을 사용하지 않고, 커버 이미지의 픽셀 값을 예측 이미지의 픽셀 값으로 둔다. 그림 1에서와 같이 예측 픽셀 값을 구하여 예측 이미지를 생성하면, 예측 이미지의 상위 2개 행(row)과 좌우 각 1개 열(column)은 픽셀 값을 예측 할 수 없기 때문에 커버 이미지의 픽셀 값을 그대로 복사하여 사용한다. 그 이외의 영역은 픽셀 값 예측 가능 영역이며, 위에서 설명된 바와 같이, 조건에 따라 예측 픽셀 값 혹은 커버 이미지의 픽셀 값이 선택적으로 사용하여 예측 이미지가 생성된다.

$$V_1 = \left(\sum_{i=1}^3 P_i * \delta + \sum_{i=4}^7 A_i \right) / (4 + 3 * \delta) \quad (9)$$

$$d = \sum_{i=1}^3 \text{abs}(V_1 - P_i) * \alpha + \sum_{i=4}^7 \text{abs}(V_1 - P_i) \quad (10)$$

P_3	P_2	P_1
P_4	P_5	P_6
	PV	P_7

[그림. 1] 인접 픽셀을 이용한 픽셀 값 예측
[Fig. 1] Pixel value prediction using adjacent pixels

제안된 기법(AAPD)의 임베딩 절차는 다음과 같다.

단계1: 식(9)-(10)을 사용하여 커버 이미지에 대한 예측 이미지 생성.

단계2: 커버 이미지와 예측 이미지를 inverse s-order로 스캔한 시퀀스 C, P 생성.

단계3: C와 P를 사용하여 식 (11)과 같이 차이 시퀀스 D생성

$$D_i = \begin{cases} C_i & i = 0 \\ C_i - P_i & \text{예측값 사용} \\ C_{i-1} - C_i & \text{예측값 미사용} \end{cases} \quad (11)$$

단계4: 차분 시퀀스 D에 대한 히스토그램을 구성한 후, PP_1, PP_2, CZP_1, CZP_2 결정.

단계5: APD기법과 동일하게 식 (2)-(3)을 적용하여 차이 시퀀스 D를 쉬프트한, 쉬프트된 차이 시퀀스 DS생성.

단계6: APD기법과 동일하게 식 (4)를 적용하여 DS에 기밀 데이터를 임베딩한, 임베딩 시퀀스 DE생성.

단계7: APD기법과 동일하게 식 (5)를 적용하여 스테고 이미지 시퀀스 S 생성.

단계8: S를 스캔하여 inverse s-order로 스테고 이미지 생성

제안된 기법(AAPD)에서의 기밀 데이터 추출 및 커버 이미지 복원 절차는 다음과 같다.

단계1: 스테고 이미지를 inverse s-order로 스캔하여 스테고 이미지 시퀀스 S생성.

단계2: i 를 1에서부터 (이미지폭*이미지높이-1)까지 변화시키면서 픽셀 값 예측 가능 영역에서 예측 픽셀 값이 사용되었는지 여부를 판단.

$$\text{단, } C_0 = S_0 \quad DE_0 = C_0$$

단계3: 모드 결정(모드1: 이전 및 현재 위치에서 예측 픽셀 값이 사용되지 않음. 모드2: 현재 위치에서 예측 픽셀 값이 사용. 모드3: 이전 위치에서 예측 픽셀 값이 사용되었으나 현재 위치에서 예측 픽셀 값이 사용되지 않음)

단계4: 각 모드에 따라 복원

모드1: APD기법과 동일하게 식 (6)-(7)을 적용하여 임베딩 시퀀스 DE와 C 복원.

$$\text{모드2: } C_i = RP_i + RV_i \quad (12)$$

$$RV_i = \begin{cases} C_{i-1} - S_i - sd_j & C_{i-1} - S_i \in (PP_j + sd_j, CZP_j] \\ C_{i-1} - S_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{모드3: } C_i = RP_i - RV_i \quad (14)$$

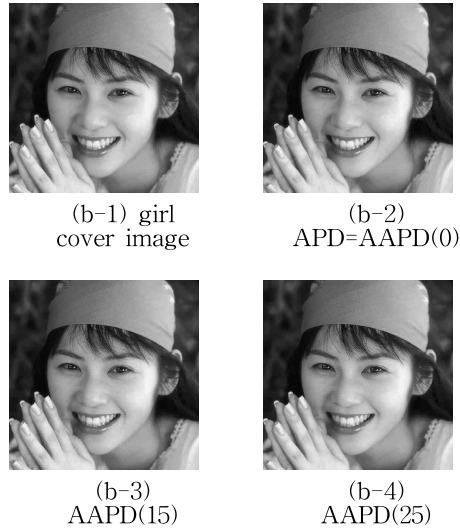
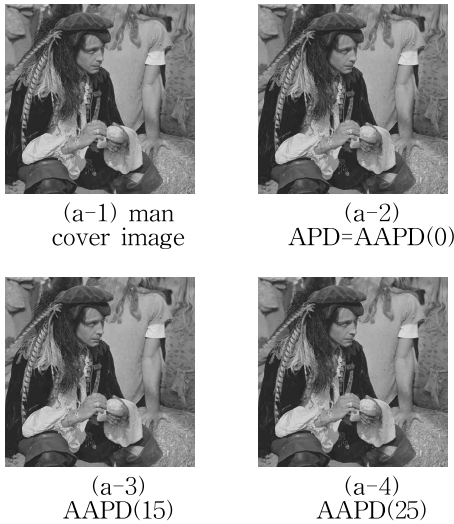
단, RP는 복원시의 예측 픽셀 값

단계5: APD기법과 동일하게 식 (8)을 적용하여, 기밀데이터 추출.

단계6: 복원된 커버 이미지 시퀀스 C를 스캔한 후, 역 s-순(inverse s-order)으로 원본 커버 이미지 구성.

4. 실험결과

512x512 픽셀 크기를 갖는 gray scale 영상인 man, plane 이미지를 커버 이미지로 사용하여 제안된 기법(AAPD)의 성능을 평가하였다. 본 논문의 제목을 ASCII 코드로 변환한 후, 이를 기밀데이터로 사용하여 데이터를 임베딩 하였다. 커버 이미지에 기밀 데이터를 반복적으로 임베딩 하였고, δ 는 0.3으로 하였다. APD기법과 제안기법(AAPD)에 대하여 실험을 수행한 결과 영상이 그림 2에 나타나 있다. 제안된 기법에 대한 실험 결과가 표 1에 나타나 있다. 표 1에 표기된 AAPD(κ)는 제안기법(AAPD)에서 기준치를 κ 로 적용한 것을 나타낸다. 제안 기법에서 기준치를 0으로 두면, 제안 기법은 APD기법과 동일하게 된다. 그림 2에서 보는 바와 같이 제안 기법을 적용하여 생성된 스테고 이미지는 기밀 데이터가 임베딩 되어 있는지 여부를 구별할 수 없을 정도로 시각적으로 높은 화질을 유지하고 있다. 제안된 기법을 사용하여 커버 이미지에 데이터를 임베딩하면, APD기법에 비하여 더 많은 기밀 데이터를 은닉할 수 있고 다양한 레벨로 기밀 데이터를 임베딩할 수 있음을 표 1에서 확인할 수 있다.



[그림. 2] 실험결과 영상
[Fig. 2] Experimental result images

[표 1] 실험결과
[Table 1] Experimental results

cover image	기법	은닉 비트수	PSNR (dB)	예측 적중률 (%)	평균 예측 오차	은닉 비트수 증가율 (%)
man	APD=제안(0)	47,408	48.60	x	x	x
	AAPD(15)	50,728	34.26	18.54	2.27	7.0
	AAPD(25)	50,981	30.47	14.95	3.04	7.5
girl	APD=제안(0)	71,856	48.86	x	x	x
	AAPD(15)	74,024	34.78	20.77	1.81	3.0
	AAPD(25)	76,370	32.07	18.66	2.21	6.3

5. 결론

영상의 지역성과 인접 픽셀 차분 시퀀스를 이용하는 제안된 가역 데이터 임베딩 기법(AAPD)을 적용하여 커버 이미지에 기밀 데이터를 임베딩하면, APD기법에 비하여 더 많은 데이터를 임베딩할 수 있으며 또한 다양한 레벨로 기밀 데이터를 임베딩할 수 있다. 제안 기법을 적용하여 커버 이미지에 기밀 데이터를 임베딩 하면, 스테고 이미지에 기밀데이터가 임베딩 되었는지 여부를 판단하기 어려운 정도로 시각적 화질이 우수한 스테고

이미지를 생성할 수 있다. 스테고 이미지로부터 원본 커버 이미지와 기밀데이터를 손실없이 추출할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Ansari, and W. Su, "Reversible data hiding," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 16, No. 3, pp. 354-362, 2006.
- [2] Y. C. Li, C. M. Yeh, and C. C. Chang, "Data hiding based on the similarity between neighboring pixels with reversibility," Digital Signal Processing, Vol. 20, No. 4, pp. 1116-1128, 2010.
- [3] C. L. Tsai, K. C. Fan, C. D. Chung, and T. C. Chuang, "Reversible and lossless data hiding with application in digital library," Proc. 38th Annual 2004 Int. Canahan Conf. on Security Technology, pp. 226-232, Albuquerque, New Mexico, USA, 2004.
- [4] X. Li, B. Li, B. Yang, and T. Zeng, "General Framework to Histogram shifting based Reversible Data Hiding," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 22, No. 6, pp. 2181-2191, 2013.
- [5] C. C. Lo, Y. C. Hu, W. L. Chen, and C. M. Wu, "Reversible Data Hiding Scheme for BTC-compressed Images based on Histogram Shifting," International Journal of Security and Its Applications, Vol. 8, No. 2, pp. 301-314, 2014.
- [6] S. M. Jung, "Reversible data hiding algorithm using spatial locality and the surface characteristics of image," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 21, No. 8, pp. 1-12, 2016.
- [7] S.-M. Jung, "Reversible Data Hiding Scheme using the Locality among the Adjacent Pixels

of Image and the Adjacent Pixel Difference," Proceedings of The Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 9, No. 2, pp. 186-188, 2016.

저자약력

정 수 목(Soo-Mok Jung)

[중신회원]



<관심분야>

- 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
 - 1986년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 - 1986년 3월 ~ 1991년 2월 : LG정보통신연구소 주임연구원
 - 2002년 2월 : 고려대학교 대학원 컴퓨터학과(이학박사)
 - 1991년 3월 ~ 1998년 2월 : 삼육대학교병설전문대학 교수
 - 1998년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 컴퓨터학부 교수
- image processing, computer architecture