ISSN:1226-7244 (Print)
ISSN:2288-243X (Online)
논문번호 18-02-01
j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.22,No.2,227~232,June 2018
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2018.22.2.227

마코프 특징을 이용하는 고속 위조 영상 검출 알고리즘

Fast Image Splicing Detection Algorithm Using Markov Features

김 수 민*, 박 천 수*★

Soo-min Kim*, Chun-Su Park*★

Abstract

Nowadays, image manipulation is enormously popular and easier than ever with tons of convenient images editing tools. After several simple operations, users can get visually attractive images which easily trick viewers. In this paper, we propose a fast algorithm which can detect the image splicing using the Markov features. The proposed algorithm reduces the computational complexity by removing unnecessary Markov features which are not used in the image splicing detection process. The performance of the proposed algorithm is evaluated using a famous image splicing dataset which is publicly available. The experimental results show that the proposed technique outperforms the state-of-the-art splicing detection methods.

요 약

이미지 편집 툴의 발전으로 일반 사용자도 원본 이미지를 조작하여 실제와 다른 영상 정보를 전달하는 것이 가능하게 되었다. 이러한 사회적 변화에 따라 이미지의 신뢰도는 매우 낮아지게 되었고 이미지의 조작여부를 검출하는 시스템의 필요성이 제기되고 있다. 본 논문에서는 마코프 특징을 이용하여 이미지 조작 여부를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 전체 입력 이미지에서 마코프 특징을 추출하고, 그 중 위조 여부 검출에 사용되지 않는 불필요한 특징을 제거한다. 따라서 제안하는 기술은 위조 검출에 사용되는 마코프 특징의 수를 감소시켜 전체 검출 속도를 향상시키는 효과가 있다. 실험을 통해 제안하는 방법은 상대적으로 낮은 복잡도로 우수한 위조 검출 성능을 보임을 확인하였다.

Key words : Image Splicing, Markov Features, Transition Probability Matrix, DCT Domain, SVM

---

* Dept. of Computer Education, Sungkyunkwan University

★ Corresponding author:

E-mail: cspk@skku.edu, Tel: +82-2-760-0697

※ This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Education, Science and Technology (NRF-2016R1C1B1009682).

Manuscript received Apr. 3, 2018; revised May. 9, 2018; Accepted May. 14, 2018

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.

Ⅰ. 서론

휴대용 영상 획득장치의 대중화로 일반 사용자가 사진을 촬영하여 소셜네트워크에 공유하는 것이 보편화되었다. 최근에는 이미지편집 툴의 발전으로 원본 이미지를 조작하여 보다 매력적인 이미지를 만든 후에 이를 공유하는 경우가 점차 증가하고 있다. 이러한 사회적 변화에 따라 이미지의 신뢰도는 매우 낮아지게 되었고 이미지의 조작여부를 검출하는 시스템의 필요성이 제기되고 있다.

이미지 조작은 한 장 혹은 여러 장의 이미지를 이용하여 수정하려는 부분을 정교하게 편집하는 것이다. 이미지 조작여부를 판별하기 위해서는 편집 과정에서 발생하는 영상 정보 변화를 기반으로 위조 내역을 검출하는 기술이 이용될 수 있다.

이미지를 조작하는 경우 특정 영역의 영상 정보가 변화되어 국부적으로 영상의 통계적 특성이 바뀌게 된다. 따라서 이미지 전체 영역을 대상으로 구해지는 영상 정보를 이용하여 위조를 검출하는 경우는 영상의 국부적인 특성을 반영하지 못함으로 비효율적이다. 이러한 단점을 극복하기 위해 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transform, DCT)을 이용하여 국부 영역의 영상 정보 변화를 검출하는 기술이 최근에 발표되었다[1]-[6]. 또한 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform, DWT)[1]과 다중 블록 이산 코사인 변환(Multi-size Block Discrete Cosine Transform, MBDCT)을 이용한 위조 검출 방법이 보고되었다[2]. 최근에는 마코프 특징(Markov features) 추출을 이용하는 방법[3], DCT와 공간 주파수 특성을 함께 이용한 방법[4], 사원수(Quaternion)를 이용하는 방법[5]이 제안되었다. 그 중 마코프 특징을 이용하는 검출 기술의 성능이 상대적으로 우수한 것으로 조사되었다[6].

다양한 변환을 거친 전체 마코프 특징을 이용하여 위조 내역을 검출하는 방법은 추출되는 마코프 특징의 수가 많기 때문에 계산복잡도가 높아지는 문제점이 있다[7],[8]. 따라서 본 논문에서는 블록 내 DCT 계수의 차이를 이용하여 위조 검출이 유용한 마코프 특징은 유지하고, 나머지 특징은 제거하는 기술을 제안한다. 제안하는 기술은 위조 검출에 사용되는 마코프 특징의 수를 감소시켜 전체 검출 속도를 향상시키는 효과가 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. Ⅱ장에서 제안하는 위조 검출 속도 향상 알고리즘을 소개한다. Ⅲ장에서는 실험을 통해 기존의 방법과 제안 방법의 성능을 비교 분석하고, Ⅳ장에서 결론을 제시한다.

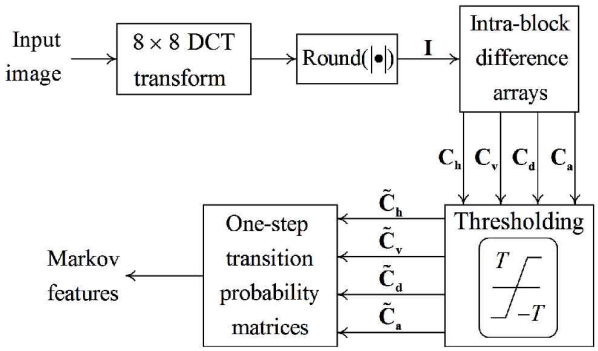

Fig. 1. Markov features extraction framework of method.
그림 1. 마코프 특징 추출 방법

Ⅱ. 제안하는 위조 검출 알고리즘

본 논문에서는 DCT 영역에서 블록 내 DCT 계수의 차이를 이용하여 이미지 검색에 유용한 마코프 특징은 유지하고 나머지 특징은 제거함으로써 위조 검출 성능은 유지하며 복잡도를 낮추는 방법을 제안한다. 제안하는 기술은 DCT변환 및 양자화, 2차원 차이값 배열 생성, 임계값을 이용한 특징 변환, Transition Probability Matrix (TPM)순으로 동작한다.

1. DCT변환 및 양자화

우선 제안하는 기술은 조작이 의심되는 $H \times W$ 크기의 이미지를 8×8 크기의 블록으로 분할 한 후 2D-DCT를 적용한다. DCT 변환을 거친 이미지는 주파수 영역으로 변환되어, 위치에 따라 다른 주파수를 나타내는 DCT계수로 표현된다. 예를 들어 주파수 영역으로 변환된 후 각 8×8 블록은 좌측상단의 1개의 직류(DC) 계수와, 우측 하단에 인접할수록 주파수가 커지는 63개의 교류성분(AC)들로 구성된다. 제안하는 알고리즘은 처리 속도를 높이기 위해 실수로 표현되는 DCT계수를 정수 절대값으로 양자화하여 2차원 배열 I 에 저장한 후 다음 검출 과정의 입력 값으로 사용한다.

2. 2차원 차이 값 배열 생성

DCT 변환을 하면 주파수가 낮은 쪽으로 데이터가 몰리게 되는 에너지 집중 현상이 나타난다. 사람의 시각 또한 DC에는 민감하게 반응하지만 AC에는 차이를 잘 느끼지 못한다. 본 논문에서는 DCT 계수의 정수 절대값 생성 이후 마코프 특징의 수를 감소하고자, AC영역 중 우측 하단의 2행과 2열을 생략하여 블록의 크기를 8×8 에서 6×6 으로 줄인다. 블록의 크기를 줄임으로써 마코프 과정과 SVM에서 계산이 빠르게 처리되므로 조작 검출과정의 효율성이 높아지게 된다.

제안된 알고리즘은 2차원 배열 안에서 DC를 시작점으로 수평, 수직, 주대각선, 부대각선 방향으로 계수 값의 차이를 계산하여 $\mathbf{C_h}$, $\mathbf{C_v}$, $\mathbf{C_d}$, $\mathbf{C_a}$ 의 4개 차이 값 배열을 다음과 같이 생성한다.

$$C_h(k,l) = I(u,v) - I(u,v+1) \tag{1}$$
$$C_v(k,l) = I(u,v) - I(u+1,v) \tag{2}$$
$$C_d(k,l) = I(u,v) - I(u+1,v+1) \tag{3}$$
$$C_a(k,l) = I(u+1,v) - I(u,v+1) \tag{4}$$

위 식에 따라 각 차이 값 배열은 $M\times N$ $(M=3H/4,\ N=3W/4)$ 크기를 가지게 된다. 또, k 와 l 은 블록 내의 좌표 값이고 $(k=1,2,...,M,\ l=1,2,...,N)$, r 과 s 는 k 와 l 을 6으로 나눈 나머지 값들을 의미한다. 또, 위 식에서 $u=\left\lfloor \frac{k}{6} \right\rfloor \times 8 + r;\quad v=\left\lfloor \frac{l}{6} \right\rfloor \times 8 + s$ 이다.

3. 임계값을 이용한 특징 변환

DCT계수의 차이 값은 넓은 범위를 가지게 되고 이에 따라 많은 마코프 상태를 가지게 된다. 그러나 이전 연구에서 DCT 계수의 차이 값은 0을 중심으로 집중되어 있음을 볼 수 있다[9]. 따라서 임계값 정수 T 를 설정하여 차 값을 $-T$ 에서 T 까지 값으로 제한한다면, 특징벡터의 수를 $(2T+1)$개로 줄일 수 있다. 이 과정은 벡터공간의 특징을 줄이는 동시에 남은 계산 과정의 복잡도를 낮출 수 있다[10].

$$\widetilde{C}_h(k,l) = \begin{cases} T, & \text{if } C_h(k,l) > T \\ -T, & \text{if } C_h(k,l) < -T \\ C_h(k,l), & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

식 (5)에 의해서 $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{h}$은 $\mathbf{C_h}$에 임계값을 적용하여 구하고, 마찬가지로 $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{v}$, $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{d}$, $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{a}$ 은 $\mathbf{C_v}$, $\mathbf{C_d}$, $\mathbf{C_a}$ 을 이용하여 구할 수 있다.

4. Transition Probability Matrix (TPM)

TPM은 특정 상태에서 다른 상태로 천이되는 확률을 나타내는 행렬이다[11]. 이를 각 차이 값 배열 $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{h}$, $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{v}$, $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{d}$, $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{a}$ 에 적용시키면 인접 값 간의 특정 천이확률을 계산할 수 있다. 식 (6)은 임계값의 과정을 거친 2차원 행렬 $\widetilde{\mathbf{C}}_\mathbf{h}$의 TPM 계산 방법이다.

$$P_h^c(i,j) = P\left(\widetilde{C}_h(k,l+1) = j \,|\, \widetilde{C}_h(k,l) = i\right) = \frac{\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{N-1} \delta\left(\widetilde{C}_h(k,l)=i\right)\times\delta\left(\widetilde{C}_h(k,l+1)=j\right)}{\sum_{k=1}^{M}\sum_{l=1}^{N-1} \delta\left(\widetilde{C}_h(k,l)=i\right)} \tag{6}$$

식 (6)에서 i 와 j 는 $-T$ 에서 T 의 크기를 갖고 $(i,j=-T,-T+1,...,0,...,T-1,T)$, $P_h^c(i,j)$은 식 (7)에 의해 값이 결정된다.

$$\delta(a=b) = \begin{cases} 1, & \text{if } a=b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{7}$$

식 (6)과 (7)에 따라 $P_h^c(i,j)$은 $(2T+1)^2$개의 확률 값을 얻고 이를 마코프 특징으로 사용한다. 마찬가지로 $P_v^c(i,j)$, $P_d^c(i,j)$, $P_a^c(i,j)$ 에서도 각각 $(2T+1)^2$개의 확률 값이 계산되어 총 $4(2T+1)^2$개의 마코프 특징을 얻을 수 있다. 제안하는 기술은 마코프 특징을 구한 후 이를 SVM(Support vector machine)에 입력하여 해당 영상의 위조 여부를 판별한다[12]-[14].

Table 1. Detection accuracy of proposed method.
표 1. 제안된 방법에 따른 검출 정확도

	Proposed method(T = 3)			Proposed method(T = 4)		
Fold	True Positive	True Negative	Accuracy	True Positive	True Negative	Accuracy
1	94.16	83.32	88.69	92.70	90.51	91.61
2	96.35	81.75	89.05	91.97	90.51	91.24
3	98.54	78.10	88.32	97.08	88.32	92.70
4	94.89	89.78	92.33	90.51	93.43	91.97
5	9.70	89.05	90.88	95.62	96.35	95.99
6	97.08	86.13	91.61	96.35	92.70	94.53
7	92.70	86.86	89.78	96.35	94.16	95.26
8	88.32	97.08	92.70	94.16	89.78	91.97
9	97.08	86.86	91.97	97.97	90.51	91.24
10	96.35	88.32	92.34	97.08	88.32	92.70
Average	86.52	86.73	90.77	94.38	91.46	92.92

Table 2. Performance comparison with different methods.
표 2. 다른 방법을 통한 성능 비교

Feature vector	He[14]	Li[15]	Proposed method (T = 3)	Proposed method (T = 3)
Dimensionality	100	972	196	324
Accuracy(%)	89.76	92.38	90.77	92.92
Feature extraction time(s)	2.218	4.61	0.985	1.489
Feature selection time(s)	2.158	0	0	0
Total time(s)	4.376	4.61	0.985	1.489

III 실험 및 분석

본 논문에서는 제안하는 마코프 특징을 이용하는 위조 검출 기술의 객관적 성능 평가를 위하여 CASIA TIDE v2.0[15] 데이터 세트를 사용하였다. 이 데이터 세트는 7491장의 원 이미지와 5123장의 조작 이미지로 구성되어 있으며 ISD(Image Splicing Detection) 관련 연구에서 널리 사용되었다.

제안 방법의 객관적 검증을 위하여 RBP커널(radial basis function kernel) SVM을 사용하여 검출 성능을 측정하였다. 또한 10겹 교차검증법(10-folds cross-validation)을 사용하기 위해 데이터 세트를 같은 수의 조작 이미지를 포함하는 10개의 동일한 서브세트로 분할하였다. 10겹 교차검증 시에는 9개의 트레이닝 세트를 이용하여 SVM을 훈련시키고 1개의 테스트 세트를 이용하여 성능을 측정하였다.

표 1은 $T=3$ 과 $T=4$ 를 사용하였을 때, 제안하는 기술의 이미지 위조 검출 성능을 나타낸다. 표 1에서 TPR(true positive rate)는 조작되지 않은 이미지가 입력되었을 경우 정확히 분류된 비율을 의미하며, TNR(true negative rate)는 조작된 이미지가 입력되었을 경우 조작 이미지로 정확히 분류된 비율을 말한다. ACC(accuracy)는 TPR값과 TNR값의 평균이고 위조 검출 기술의 성능을 나타낸다. 표 1에서 확인할 수 있듯이 제안하는 기술은 상대적으로 적은 수의 마코프 특징을 이용하여

위조 검출을 수행함에도 불구하고 $T=4$ 일 때 평균적으로 92.92%의 검출 성능을 보였다.

제안하는 기술을 적용한 후 표 2를 확인하면 실행 시간과 검출 시간, 검출 정확도에서 $T=4$ 가 가장 우수하다. 이는 8×8 블록을 계산하는 대신 6×6 블록을 계산하면서 계산 횟수가 줄어들고 계산 복잡도가 감소하였기 때문이다.

IV 결론

본 논문에서는 이미지 위조 검출에 사용되는 마코프 특징의 수를 줄임으로써 검출 성능은 유지하고 복잡도를 낮추는 기술을 제안하였다. 제안하는 기술은 유명 위조 검출 데이터 세트를 이용한 실험에서 92.92%의 우수한 위조 검출 성능을 보였다. 이러한 실험 결과는 제안하는 기술이 위조 검출에 사용되지 않는 마코프 특징을 효과적으로 제거하는 것을 보여준다.

References

[1] He Zhongwei, Lu Wei, Sun Wei and Huang Jiwu, "Digital Image Splicing Detection Based on Markov Features in DCT and DWT Domain," *Pattern Recognition,* vo. 45, no. 12, pp. 4292-4299, 2012.
DOI:10.1016/j.patcog.2012.05.014

[2] Yujin Zhang, Chenglin Zhao, Yiming Pi, Shenghong Li and Shilin Wang, "Image-splicing Forgery Detection Based on Local Binary Patterns of DCT Coefficients," *Security and Communication Networks,* vo. 8, no. 14, 2013.DOI:10.1002/sec.721

[3] Il Kyu Eom, Jong Goo Han, Tae Hee Park and Yong Ho Moon, "Efficient Markov Features Extraction Method for Image Splicing Detection Using Maximization and Threshold Expansion," *Journal of Electronic Imaging,* vo. 25, no. 2, 2016.DOI:10.1117/1.JEI.25.2.023031

[4] E-Sayed M. El-Alfy, Muhammad Ali Qureshi, "Combining Spatial and DCT Based Markov Features for Enhanced Blind Detection of Image Splicing," *Pattern Analysis and Applications,* vo. 18, no. 3, pp. 713-723, 2015.DOI:10.1007/s10044-014-0396-4

[5] Li, C., Ma, Q., Xiao, L., Li, M., and Zhang, A., "Image Splicing Detection Based on Markov Features in QDCT Domain," *Neurocomputing,* vo. 228, pp. 29-36, 2017.
DOI:10.1016/j.neucom.2016.04.068

[6] Bo Su, Quanqiao Yuan, Shilin Wang, Chenglin Zhao and Shenghong Li, "Enhanced State Selection Markov Model for Image Splicing Detection," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking,* 2014.DOI: 10.1186/1687-1499-2014-7

[7] Tian-Tsong Ng, Shih-Fu Chang and Qibin Sun, "Blind Detection of Photomontage Using Higher Order Statistics," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems,* vo. 5, pp. 688-691, 2004.DOI: 10.1109/ISCAS.2004.1329901

[8] Wen Chena, Yun Q. Shia and Wei Sub, "Image Splicing Detection Using 2-D Phase Congruency and Statistical Moments of Characteristic Function," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering,* vo, 6505, 2007.
DOI: 10.1117/12.704321

[9] Jong-Goo Han, Tae-Hee Park, and Il-Kyu Eom, "Efficient Markov Feature Extraction Method for Image Splicing Detection," *Journal of Electronic Imaging*, vo. 25, no. 12, 2016.
DOI : 10.5573/ieie.2014.51.9.111

[10] Jong-Goo Han, Il-Kyu Eom, Yong-Ho Moon, Seok-Wun Ha, "Selective Feature Extraction Method Between Markov Transition Probability and Co-occurrence Probability for Image Splicing Detection," *The Korean Institute of Information and Commucation Engineering,* vo. 20, no. 4, pp. 833-839, 2016.
DOI: 10.6109/jkiice.2016.20.4.833

[11] Luyi Chen, Shilin Wang, Shenghong Li and Jianhua Li, "New Feature Presentation of Transition Probability Matrix for Image Tampering Detection," *Digital Forensics and*

Watermarking, pp. 376-386, 2008.
DOI:10.1007/978-3-642-32205-1_30
[12] A. Tzotsos, D. Argialas, "Support Vector Machine Classification for Object-based Image Analysis," *Object-Based Image Analysis,* pp. 663-677, 2008.
DOI:10.1007/978-3-540-77058-9_36
[13] Chun-Su Park, Changjae Kim, Jihoon Lee and Goo-Rak Kwon, "*Rotation and scale invariant upsampled log-polar fourier descriptor for copy-move forgery detection,*"Multimedia Tools and Applications, vo. 75, no. 23, pp. 16577-16595, 2016.
DOI:10.1007/s11042-016-3575-z
[14] Yun Q. Shi , Chunhua Chen and Wen Chen, "*A Natural Image Model Approach to Splicing Detection,*" *MM&Sec,* pp. 51-62, 2007.DOI:10.1145/1288869.1288878
[15] "CASIA Tampered Image Detection Evaluation Database 2.0",
http://forensics.idealtest.org/casiav2/.

BIOGRAPHY

Soomin Kim(Student Member)

2011 : BFA degree in Painting, Sookmyung Women's University.
2017~ : ME Course in Disciplinary Education, Sungkyunkwan University.

Chun-Su Park(Member)

2003 : BS degree in Electrical Engineering, Korea University.
2009 : PhD degree in Electronics and Computer Engineering, Korea University.
2017~Present : Professor in Dept. of Computer Education, Sungkyunkwan University.