



특집 02

디지털 영상의 위변조 탐지를 위한 영상 포렌식 기술 동향



류승진 (한국전자통신연구원 부설연구소)

목 차 »

1. 서 론
2. 영상 포렌식 기술 동향
3. 결 론

1. 서 론

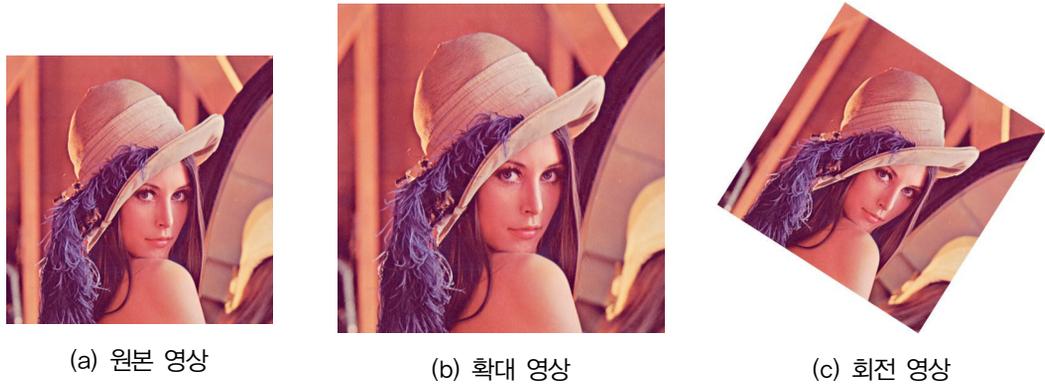
IT 기술의 발전으로 인해 디지털 영상은 일상생활에서 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 그 이면에는 포토샵, 프리미어 등의 영상 편집 소프트웨어를 이용한 영상의 손쉬운 위변조와 같은 부작용 역시 급증하는 추세이다. 영상에 가해진 의도적, 비의도적 변형을 탐지하기 위해 지난 십여년간 다양한 영상 포렌식 기술이 연구되었다. 영상 포렌식 기술이란 주어진 영상에 가해진 변화를 영상에 대한 아무런 사전 정보 없이 찾아내는 기술을 말한다^{1,2}. 이는, 영상에 가해진 변형은 비록 육안으로는 인지할 수 없을지라도 그 고유의 통계적 특성을 영상에 남긴다는 가정에서 출발한다. 이러한 통계적 특성은 영상에 가해진 변형의 종류에 따라 서로 다른 형태로 나타나기에 영상 포렌식 기술 역시 위변조의 종류에 따라 다양한 형태를 띄게 된다. 본 기고문에서는 이렇듯 다양한 위변조 탐지 기술 중 대표적인 기술을 소개한다. 구체적으로, 선형변환 탐지, 영역 복제 탐지, 콘텐츠 적응적 크기변화 탐지, 색상변화 탐

지 등의 기술을 대략적으로 소개한다. 이후 영상 포렌식 기술의 연구 방향에 대해 논하며 본 기고문을 마치고자 한다.

2. 영상 포렌식 기술 동향

2.1 선형변환 탐지 기법

디지털 영상의 위변조가 증가함에 따라 이를 검출해 낼 수 있는 기술의 중요성 역시 커지고 있다. 회전, 확대 등으로 대표되는 선형 변환은 영상에 가장 자주 일어나는 변형 중 하나이다. (그림 1)은 다양한 형태의 선형 변환을 도시한다. 범용적인 선형변환을 탐지하기 앞서, 확대, 회전 등 선형 변환의 일부를 탐지하는 기술이 제안되었다³⁻⁵. 즉, 원본 없이 주어진 영상만을 분석하여 확대 또는 회전이 가해졌는지, 가해졌다면 어떤 수치로 가해졌는지를 찾아내기 위한 연구가 진행되었다. 이상의 기술은 변환 후 보간과정에서 나타나는 주기적 특징을 찾아내어 영상에 주어진 변형을 탐지한다. 구체적으로, A. C. Gallagher는 보간 영상의 이차 미분값의 주기성을



(그림 1) 선형변환 영상

이용하여 크기변환을 탐지하는 방법을 제안하였다^[3]. 그러나 이 방법은 크기 변환 이외의 선형변환은 탐지할 수 없는 단점이 있다. B. Mahdian 등은 A. C. Gallagher의 방법을 발전시켜 보간영상의 n 차 미분치의 분산값은 재표본화 샘플링 주기와 동일하다는 것을 증명하였다^[4]. W. Wei 등 역시 A. C. Gallagher의 기술을 확장하여 회전변환을 탐지하는 방법을 제안하였다^[5]. 이를 위해 W. Wei 등은 보간영상의 각 행, 또는 열의 주기성을 먼저 분석한 이후, 이를 취합하는 기술을 택하였다. 그러나 상기의 기술들은 선형변환의 일부인 회전, 확대등만을 탐지 가능하다는 단점이 있다. [6]에서는 회전 및 확대에서 더 나아가 범용적인 선형변환 행렬을 탐지하는 기술을 제안하였다. 이를 위해, 앞서 언급한 선형 변환이 가해진 영상의 행과 열 방향의 주기성뿐만 아니라, 그

때 그 크기와 위상값 모두를 분석하여 해당 변환을 탐지하였다.

2.2 영역복제 탐지 기법

영역 복제 변조는 디지털 영상내의 일정 부분을 복사하여 타 영역에 붙여 넣는 변조 방식이다. 인터넷 상에 유통되는 또는 실제로 언론을 통해 발행된 대부분의 불법 합성 영상은 영역 복제의 과정을 거쳐서 생성된다. (그림 2(b))는 (그림 2(a))의 일부분을 복사한 이후 붙여 넣어 만든 영상이다. 이 영상은 실제로 이란 국방성에 의해 발표된 이후, CNN, New York Times 와 같은 유수의 언론사들에 의해 발표되었으나, 후일 위조 영상으로 판별돼 정정되었다^[7].



(a) 원본 영상 (b) 영역복제 변형을 가한 영상

(그림 2) 영역이 복제된 이란 미사일 실험 영상

이렇듯 영역복제 변형이 빈번히 발생함에 따라, 이를 탐지하기 위한 많은 방법들이 제시되었다. 대부분의 경우 영역복제 탐지 기법은 J. Fridrich 등이 제시한 방법에 기반을 둔다^[8]. 이 방법은 주어진 영상을 중첩된 작은 블록으로 쪼개 이후, 특징점을 추출하여 매칭하는 과정을 통해 영역복제를 탐지한다. B. Mahdian 은 blur에 불변한 특징점을 추출함으로써 blur에 강인한 영역변조 탐지 기법을 제안하였다^[9]. 그러나 상기 방법들은 단순한 복사 후 이동 변조를 탐지하는데 그 초점을 두어, 만약 위조된 부분에 회전이 가해지면 탐지가 어렵다는 단점이 존재한다. 이에 따라, 이러한 단점을 보완한 복사-회전-이동, 즉, 복사된 영역이 회전된 이후 타영역에 붙여 넣어 졌더라도 해당 영역을 탐지할 수 있는 기술이 제안되었다^[10]. (그림 3(c))는 복사-회전-이동 영역 복제의 한 예이다. 여기서 검은색으로 표현된 부분은 (그림 3(a))로부터 복사-회전-이동의 과정이 후 만들어졌다. (그림 3(c))를 복사-이동 공격만 가해진 (그림 3(b))와 비교하면 이를 좀 더 명확히 알 수 있다. 이 기술은 Zernike 모멘트의 회전 불변성을 이용하여 복사된 영역이 회전된 이후 붙여지더라도 그 위치를 정확히 찾아낼 수 있다.

X. Pan 등은 영역을 쪼개기후 특징점을 추출하여 매칭하는 방법이 아닌, 주어진 영상으로부터 SIFT 특징점을 찾아내고, 이들 특징점 사이의 매칭을 통

해 영역변형을 찾아내는 방법을 제안하였다^[11]. 그러나 이 방법은 만약 위변조된 영역의 텍스처가 smooth 할 경우 위변조 영역을 찾아내기 힘들다는 단점이 있다. V. Christlein 등은 이상의 결과를 바탕으로 다양한 영역변환 기법의 장단점을 정리하였다^[12].

2.3 콘텐츠 적응적 크기변환 탐지 기법

복사-붙여넣기 공격 외에, 영상의 중요하지 않은 부분을 삭제 또는 늘림으로써 영상의 크기를 적응적으로 변화시키는 기법이 가해진 영상을 찾아내는 방법이 제안 되었다. 앞서 2.1에서 언급한 바와 같이, 영상 보간의 주기성을 드러냄으로써 영상에 가해진 확대 및 축소를 찾아내는 다양한 방법이 제안 되었다. 그러나 (그림 4)에서 나타나는 것처럼 영상 콘텐츠에서 중요하지 않다고 판단되는 일부를 삭제 또는 늘림으로써, 즉, Seam-Carving으로 대표되는 콘텐츠 적응적 크기변환 기법으로 변화시킬 때는^[13], 영상 전체에 걸친 보간이 가해지지 않기에 2.1의 기술들은 이를 탐지 할 수 없다. (그림 4)는 Seam-Carving으로 변형된 영상의 예를 보여준다. 그림을 통해 우리는 Seam 영역에서만 영상의 값이 변하는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고, Seam-Carving 과 같은 콘텐츠 적응적 크기변환을



(a) 원본 영상

(b) 복사-이동 변형

(c) 복사-회전-이동 변형

(그림 3) 복사-회전-이동 변형의 예



(그림 4) 콘텐츠 적응적 크기변형의 예

탐지할 수 있는 다양한 방법들이 제안되었다^[14,15]. 그 중, [14]에서는 Seam-Carving 및 Seam-Insertion을 탐지하기 위해 에너지 특징점들을 추출하고 이를 학습시켰다. 이상을 통해 주어진 영상에 콘텐츠 적응적 변환이 가해졌는지 아닌지는 탐지할 수 있으나, 그 영역까지 정확히 탐지하기는 힘든 단점이 있다. 이를 보완하여 [15]에서는 Seam-Insertion의 경우 인접 픽셀간의 유사도를 구하고, 이를 통해 Seam-Insertion 영역까지 찾을 수 있는 기술을 제안하였다.

2.4 색상변화 탐지 기법

색상변화 역시 빈번하게 일어나는 영상변형 중

하나이다. 그러나 색상변화를 탐지할 수 있는 연구는 그 중요도에 비해 거의 연구가 진행되고 있지 않은 실정이다. C. H. Choi 등은 디지털 카메라로부터 획득한 영상에 가해진 색상 변화를 탐지할 수 있는 방법을 제안하였다^[16]. 그들은 카메라의 CFA (Camera Filter Array) 패턴에서 R, G, B 각각의 데이터를 생성하기 위해 거치는 보간과정의 특성이 색상변화에 따라 변화하는 것을 발견하였고, 이를 통해 색상변화 영역을 탐지하는 기법을 제안하였다. (그림 5)는 색상변화 영상 및 탐지 예를 보여준다. (그림 5)의 (a)는 원본 영상이고, (b)는 (a)의 차부분을 녹색으로 바꾼 영상, 그리고 (c)는 색상이 바뀐 부분을 찾아낸 영상이다. 이상을 통해 고의적으로 색



(a) 원본 영상

(b) 색상변화 영상

(c) 색상변화 탐지영역

(그림 5) 색상변화의 예

상을 바꾼 영역을 찾아냄을 확인할 수 있다.

3. 결론

2011년 기준 분당 72시간 분량의 디지털 영상 콘텐츠가 생성되고 있다. 이렇듯 우리는 디지털 영상을 일상적으로 사용하고 있다. 이에 따라, 영상에 가해진 변형을 탐지하여 악의적인 목적의 영상 변형을 탐지할 수 있는 기술의 중요성 역시 더욱 부각되고 있다. 본 기고문을 통해 영상에 가해질 수 있는 다양한 변환, 즉, 선형변환, 영역복제, 콘텐츠 적응적 크기변환, 색상변화와 이를 탐지할 수 있는 기법에 관해서 살펴보았다. 앞서 언급한 변형 이외에도 샵프닝, JPEG 압축, 영상 병합 등 다양한 종류의 변형이 존재한다. 각각의 영상변형은 그 고유의 흔적을 내포하고 있기에, 영상 포렌식 기법은 하나의 방법으로 모든 변환을 탐지하려는 시도보다는, 각 변형별 특징을 분석함으로써 영상에 가해진 변형을 탐지하는 방향으로 연구가 진행되어야 한다. 더 나아가 정교해지고 다양해지는 영상편집 기술에 맞춰 영상 포렌식 기술에 대한 연구 역시 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] H. T. Sencar and N. Memon, "Digital image forensics: There is more to a picture than meets the eye," Springer, 2013.
- [2] T.-T. Ng, S.-F. Chang, C.-Y. Lin, and Q. Sun, "Passive-blind image forensics," in Multimedia Security Technologies for Digital Rights, Academic Press, 2006.
- [3] A. C. Gallagher, "Detection of linear and cubic interpolation in JPEG compressed images," in Proceedings of the 2nd Canadian conference on Computer and Robot Vision, pp. 65-72, 2005.
- [4] B. Mahdian and S. Saic, "Blind authentication using periodic properties of interpolation," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 3, no. 3, pp. 529-538, 2008.
- [5] W. Wei, S. Wang, X. Zhang, and Z. Tang, "Estimation of image rotation angle using interpolation-related spectral signatures with application to blind detection of image forgery," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 5, no. 3, pp. 507-517, 2010.
- [6] S.-J. Ryu and H.-K. Lee, "Estimation of linear transformation by analyzing the periodicity of interpolation," Pattern Recognition Letters, vol. 36, pp. 89-99, 2014.
- [7] M. Nizza, P.J. Lyons, "In an iranian image, a

missile too many," in The Lede, The New York Times News Blog, 2008.

- [8] J. Fridrich, D. Soukal, and J. Lukas, "Detection of copy-move forgery in digital images," in Digital Forensic Research Workshop, 2003.
- [9] B. Mahdian and S. Saic, "Detection of copy-move forgery using a method based on blur moment invariants," Forensic Science International, vol. 171, pp. 180-189, 2007.
- [10] S.-J. Ryu, M. Kirchner, M.-J. Lee, and H.-K. Lee, "Rotation invariant localization of duplicated image regions based on Zernike moments," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 8, no. 8, pp. 1355-1370, 2013.
- [11] X. Pan and S. Lyu, "Region duplication detection using image feature matching," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 5, no. 4, pp. 857-867, 2010.
- [12] V. Christlein, C. Riess, J. Jordan, C. Riess, and E. Angelopoulou, "An evaluation of popular copy-move forgery detection approaches," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 7, no. 6, pp. 1841-1854, 2012.
- [13] S. Avidan and A. Shamir, "Seam carving for content-aware image resizing," ACM Trans. Graph., vol.26, no.3, 2007.
- [14] C. Fillion and G. Sharma, "Detecting content adaptive scaling of images for forensic applications," in Media Forensics and Security II, ser. Proceedings of SPIE, pp.75410Z-1 - 75410Z-12, 2010.
- [15] S.-J. Ryu, H.-Y. Lee, and H.-K. Lee, "Detecting Trace of Seam Carving for Forensic Analysis," IEICE Trans. On Information and Systems, vol. E97-D, no. 5, pp. 1304-1311, 2014.
- [16] C.-H. Choi, H.-Y. Lee, and H.-K. Lee, "Estimation of Color Modification in Digital Images by CFA Pattern Change," Elsevier,

Forensic Science International - An International Journal, vol. 226(1-3), pp. 94-105, 2013.

저 자 약 력

류 승 진

이메일 : ryu.seungjin@gmail.com

- 2007년 서울시립대학교 컴퓨터과학부(학사)
- 2014년 카이스트 전산학과(박사)
- 2013년~현재 한국전자통신연구원 부설연구소 연구원
- 관심분야: 정보은닉, 디지털 워터마킹, 멀티미디어 포렌식, 정보보호