컬러 레이저 프린터에서 검출되는 Yellow Dots의 특성 : HP 컬러 레이저 프린터를 중심으로

Characteristic of Yellow Dots that detected on Color Laser Printer

최영호, 이덕호, 윤영미, 홍현식, 신종연, 윤기형
대검찰청 과학수사담당관실 문서감정실

Young-Ho Choi(artveto@spo.go.kr), Doek-Ho Lee(dhnile@spo.go.kr),
Young-Mi Yoon(nymph@spo.go.kr), Heon-Sich Hong(heonsichhong@spo.go.kr),
Jong-Yeon Shin(sshinn@spo.go.kr), Kee-Hyung Yoon(keehyung@spo.go.kr)

요약

본 논문에서는 HP 컬러 레이저 프린터 기기의 출력물에 나타나는 Yellow Dots의 형태를 분석하고자, 각각 시간의 경과, 연과 월의 경과 그리고 동일한 기종에 따른 Yellow Dots의 특성을 실험하였다. 그 결과, 동일한 프린터기기의 출력물에서는 시간의 경과, 연과 월의 경과에서 나타나는 Yellow Dots의 형태가 동일한 것을 알 수 있었다. HP 컬러 레이저 프린터 기기에는 Xerox사에서 출시된 컬러 레이저 프린터 기기와는 다르게 시간과 날짜 정보가 임베딩 되지 않았다는 것을 가정 할 수 있었다. 또한 시리얼 넘버가 다른 프린터기에서는 유사하지만 다른 형태의 Yellow Dots가 나타나는 것을 알 수 있었으며, 이것은 프린터 기기 구분에 있어 큰 도움이 된다. 마지막으로 실험에 사용된 모든 HP 컬러 레이저 프린터 기기들의 Yellow Dots를 분석한 결과, 동일한 패턴을 찾을 수 있었으며, 그 결과를 통하여 제조사를 파악 할 수 있었다. 향후 Yellow Dots 패턴을 해독하고 나아가 타 제조사의 Yellow Dots를 검출 및 분석하는 연구가 진행되어야 한다.

■ 중심어 : | 컬러 레이저 프린터 | 레이저 프린터 | 망점 | 망점 패턴 | 프린터 임베딩 |

Abstract

To analyzed the shape of Yellow Dots which appeared on the paper printed HP color laser printer, and analyzed the characteristic of Yellow Dots according to time, month, year and same printers. As a result, documents that printed in same printers had an identical Yellow Dots's shapes according to time, month, year. It was presupposed that was not embedded time and date information in HP Color LaserJet printers against Xerox, and printers which have different serial number had similar shapes but it was not identical Yellow Dots. Finally, it was found to be identical patterns in Yellow Dots of HP Color LaserJet printers used analysis. Depending on the results, it could understand HP's pattern. In the future, it will decipher patterns of Yellow Dots which have other informations to include other printer manufacturer.

■ keyword : | Color Laser Printer | Laser Printer | Yellow Dots | Yellow Dots Pattern | Printer Embedding |

1. 서론

필적의 위조에 대한 감정 역사는 기원전 1세기 로마 제국 시대부터 시작되었다고 전해지고 있다. 당시 로마 제국은 공화제의 붕괴에 따른 정치적, 사회적 혼란을 틈타 국가의 공문서 위조와 개인 재산인 권리증 또는 유언장 등을 위조하여 국가 소유 땅과 개인이 소유하고 있는 많은 재산을 착취하는 사건이 발생되었다고 한다. 후일에 이들 문서의 진위 여부를 밝히는 범죄 수사에 필적 감정을 이용하게 되었으며 오늘에 이르게 된 것이다[1].

문서감정이란 특정한 문서의 작성에 사용된 문자나 기호, 인영, 잉크, 지질 등을 분석하여 그 문서의 진정성 여부, 곧 문서의 위조·변조 여부, 작성 시기 등을 식별하거나 문서내용 중 일부 또는 전부가 훼손되어 육안으로 판독 불가능 할 경우, 그 문서의 내용을 검출, 해독하는 것을 말한다[2]. 문서감정의 종류에는 필적 감정, 인영 감정, 작성 선후 감정 그리고 작성 시기 추정 감정 등이 있다[표 1]. 현재 대검찰청 Digital Forensic Center 문서감정실에서는 앞서 언급한 검증이 필요한 필적, 인영 등을 과학적으로 증명하고 있으며, 사무기기의 발달에 힘입어 문서의 작성 방법이 다양화되어 복사기나 레이저프린터 출력물의 동일성 여부 등 다양한 감정에 대한 수요가 증대되고 있다[3].

하지만 문서감정 시, 문서의 작성에 사용된 필적 또는 인영 식별과 달리 문서 작성 시기의 판단은 눈부신 과학의 발전에도 불구하고 쉽지 않다. 현재 소재의 제조 시기 판별에 사용될 수 있다고 알려져 있는 방사성 동위원소의 이용은 그 반감기가 워낙 길기 때문에 방사성 동위원소의 종류에 따라 수십 년 또는 수백 년에 달하며, 따라서 보통 문서 작성 시기 감정에서 필요로 하는 정확한 연대의 판단이 어렵다[4]. 현재 일반적인 계약서나 위임장 등의 형식은 직접 손으로 기재하거나 프린터기로 출력한 양식에 서명을 하는 방식이어서 허점이 많으며 범죄에 사용될 요지가 다분하여 시비가 끊이지 않고 있다. 그렇기 때문에 작성 시기 감정을 요청하는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 현재의 기술로는 작성 시기를 밝혀내는 것은

표 1. 문서감정의 종류[1]

문서감정의 종류
필적 감정
인영 감정
인자 감정(타자 문자, 인쇄문자, 워드 문자, 체크라이터 문자 등)
유가증권 위·변조 감정
은행권 위·변조 감정
여권 위·변조 감정
탄화 문자 판독
불명 문자 판독
필흔 재생 감정
필기구 색소 감정
잉크 작성 시기 추정 감정
인영의 날인 선후 기재 감정
지문의 날인 선후 기재 감정
타자 문자 위에 날인된 인영 및 지문의 선후관계

용이하지 않다.

예를 들어, 문서에 사용되는 볼펜류에 대한 유기성분을 분석하여, 볼펜 잉크의 특성을 각 품목별로 비교 분석한 연구[5]는 진행되어 있지만, 만약 하나의 계약서에 동일한 펜을 사용, 기재한 시기가 다르다면 동일한 펜의 성분만 감정이 가능 할 뿐, 작성 시기나 펜의 선후 기재 여부를 판단할 수 없어 실질적인 감정에 도움이 되지 않는다. 따라서 본 논문은 문서의 작성 시기에 대한 감정의 어려움에서부터 출발하였다. 현재 각각의 제조사에서 출시된 컬러 레이저 프린터의 출력물에는 그 문서에 관한 정보가 포함되어 있다. 제조사에 따라 다른 형태의 망점들이 출력물의 표면에 산발적으로 출력되어 있다. 출력된 문서에 정보를 포함하는 기술은 저작권 보호와 법적인 문서감정과 같은 다양한 적용분야에서 최근 주목을 받고 있다. 한 가지 방법으로, 문서를 출력하는 동안 망점을 데이터에 포함하는 것이다. 인쇄된 출력물에는 제조업체, 모델명, 시리얼넘버나 저작권, 기밀 그리고 출력 날짜와 같은 정보가 포함되어 있다[6].

본 논문은 컬러 레이저 프린터에서 출력된 출력물을 분석하여 각각의 제조사 및 기종별로 망점의 패턴을 분석하는데 초점을 두었다. 현재 초기 단계의 연구이기 때문에 특정 제조사의 컬러 레이저 프린터에서 출력된 문서에만 적용할 수 있다는 단점이 있다. 하지만 향후 추가적인 연구로 컬러 레이저 프린터에서 출력된 문서의 제조사식별, 시리얼넘버 그리고 작성 시기 등을 분

석하여 문서감정 업무에 큰 도움이 되길 기대한다.

II. HP 컬러 레이저 프린터의 Yellow Dots

1. 사전 연구

국제적인 비영리 단체인 미국의 전자 프런티어 재단(Electronic Frontier Foundation, 이하 EFF)에 따르면, 프린터 출력물에는 노란색 망점(이하 Yellow Dots)의 패턴이 도포되어 있으며, 이것은 위조 통화의 추적에 도움을 주고자 프린터 제조 기술자들에 의해 임베디드(embedded)된 것이라고 말한다. 일반적으로 Yellow Dots는 15행, 8열의 직교 그리드(rectangular grid)가 출력물 전체 페이지에 반복되어 나타난다[그림 1]. 하나의 그리드 안에는 시간, 시리얼 넘버 그리고 오류정정을 위한 패리티(parity) 정보가 10바이트의 크기로 암호화되어있다. Yellow Dots는 매우 작은 형태이기 때문에 일반적인 백색광 아래에서는 육안으로 확인하기 어렵다[7]. 또한 흰색 A4용지를 기준으로 Yellow Dots는 색상 대비(color contrast)와 명도 대비(luminosity contrast)가 매우 약하기 때문에 육안으로 더욱 확인 할 수 없다.

하지만 EFF에서 해독한 Yellow Dots는 현재 Xerox사에서 출시된 컬러 레이저 프린터 및 복합기에만 국한된 것이며, HP, EPSON 그리고 Brother 등 타 제조사에서 출시된 프린터기에서의 출력물에는 Yellow Dots

그림 1. 출력물에서 검출된 Yellow Dots[6]

그림 2. HP Color LaserJet CP1215의 Yellow Dot

그림 3. Foster+Freeman사의 VSC6000

의 임베딩의 여부만 확인하였을 뿐이다. 본 논문에서는 타 제조사에서 출시된 컬러 레이저 프린터 기기들의 Yellow Dots 분석은 차후 과제로 미루었으며, HP사의 컬러 레이저 프린터를 중심으로 Yellow Dots 임베딩 여부를 확인하고, 나아가 HP 컬러 레이저 프린터의 고유한 특성을 밝히고자 진행하게 되었다.

[그림 2]는 HP사의 컬러 레이저젯 CP1215의 Yellow Dots 형태이다. 본 논문에서는 Yellow Dots를 검출하기 위해 Foster + Freeman사의 VSC6000[그림 3]을 이용하였다. VSC6000은 일반적인 가시광선 뿐만 아니라 적외선(695~1000nm), 자외선(215~375nm)등을 편리하게 조절할 수 있어서 문서감정 업무에 많이 사용된다. 일반적으로 보색계열인 푸른 계열의 광원을 조사하면 Yellow Dots를 가시적으로 확인 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 명확한 Yellow Dots 형태를 가시화하기 위해 대역필터(band pass filter) 중 475nm의 파장만을

사용하였다. 그 결과 가시적으로 현저한 Yellow Dots를 검출 할 수 있었다.

HP사의 흑백 레이저 프린터, 잉크젯 프린터 그리고 컬러 레이저 복합기로 출력된 문서에 Yellow Dots의 임베딩 여부를 확인하고자 VSC6000을 이용, 다양한 파장대를 이용하여 Yellow Dots를 검출하고자 하였다. 하지만 흑백 레이저 프린터 및 잉크젯 프린터에서 출력된 문서에서는 Yellow Dots를 검출 할 수 없었고, 컬러 레이저 복합기의 경우 스캐너, 복사 기능이 없는 컬러 레이저 프린터기와 동일하게 Yellow Dots를 검출 할 수 있었다.

2. 본 논문의 연구 방법 및 실험

표 2. 본 논문의 연구 방법 순서도

[표 2]은 본 논문의 연구 방법 순서도이다. 첫 번째, 본 실험에 사용될 다양한 프린터 기기들의 Yellow Dots를 검출 후, 산발적으로 나타나는 Yellow Dots를 분석하여 일정한 패턴을 검출 한다. 두 번째, 출력물을 시간, 날짜 및 년도 별로 출력된 문서에서 Yellow Dots를 검출하여 변화되는 Yellow Dots의 위치를 비교한다. 그 이유는 패턴이 변화하는 위치에 있는 Yellow Dots는 시간, 날짜 및 년도를 의미하는 것이기 때문이다. 세 번째, 시리얼넘버가 다른 동일한 기종 출력물의 Yellow Dots를 검출하여 패턴을 비교한다. 마지막으로 각각의 컬러 레이저 프린터에서 출력된 문서의 Yellow Dots를

검출하여 통합적으로 패턴을 비교한다.

2.1 Yellow Dots 검출에 사용된 프린터

표 3. 본 논문에 사용된 HP사의 컬러 레이저젯 목록

모델명	Yellow Dots
Color LaserJet CP1215	검출
Color LaserJet CP1025	검출
Color LaserJet CP1415	검출
Color LaserJet CM1415	검출
Color LaserJet CP1525N	검출
Color LaserJet CP4525	검출
Color LaserJet CP5525	검출
Color LaserJet CP6015	검출
Color LaserJet CP3525dn	검출
Color LaserJet CP3525	검출
Color LaserJet 4650	검출
Color LaserJet 2700	검출
Color LaserJet CM1312	검출
Color LaserJet CP1515n	검출
Color LaserJet CP2605dn	검출
Color LaserJet CP2605	검출
Color LaserJet 2600	검출

[표 3]은 Yellow Dots의 검출 및 패턴 비교를 위해 사용된 HP사에서 출시된 컬러 레이저 프린터와 컬러 레이저 복합기의 목록이다. 현재 시중에 판매되고 있는 모델을 선별하였으며, HP사는 모델명이 CP인 경우 컬러 레이저 프린터를 의미하고, CM일 경우 레이저 복합기를 의미한다. 본 연구에 사용된 모든 프린터기에서 Yellow Dots가 검출되었다.

2.2 HP 컬러 레이저 프린터기기의 Yellow Dots 패턴

Yellow Dots의 검출 후, 본 논문에서는 산발적인 형태의 Yellow Dots의 패턴을 분석하고자 하였다. [그림 4]는 2012년 3월 19일, 오전 09시 08분에 HP 컬러 레이저젯 CP1215를 이용하여 출력한 문서이며, 표시된 검은색 망점들이 페이지 전체에 분포 되어있다. Yellow dot 패턴들의 위치를 분석한 결과, HP 컬러 레이저젯의 경우 [그림 5]와 같은 일정한 패턴의 위치를 파악할 수 있었다. [그림 5]에 표시된 망점이 출력 문서 전체에 반복되어 나타나며, 총 가로 20행, 세로 18열의 값을 가지고 있다.

그림 4. Yellow Dot의 분포

그림 5. HP Color LaserJet의 Yellow Dot 패턴

2.3 시간의 경과에 따른 Yellow Dots의 특성

본 논문에서는 앞서 각각의 컬러 레이저 프린터에서 검출된 Yellow Dots를 토대로 시간의 경과에 따라 나타나는 Yellow Dots의 형태를 비교하였다. 레이저젯 CP1215를 이용, 불규칙한 시간의 단위로 출력하여 Yellow Dots의 패턴을 비교 하였으며, 그 결과 시간에 상관없이 동일기종의 프린터기에서는 동일한 패턴의 Yellow Dots가 검출된다는 것을 알 수 있었다[그림 6].

그림 6. 시간별 Yellow Dots의 형태

2.4 연(年), 월(月)의 경과에 따른 Yellow Dots의 특성

2.3에서 실시한 실험에서는 시간의 경과에 따라 동일한 패턴의 Yellow Dots가 검출된다는 것을 알 수 있었다. [그림 7]은 연(年), 월(月)이 다른 각각의 프린터 출력물이며, 사용된 기종은 (가)와(다)는 CP1515n이며 (나)와(라)는 CP2605dn이다. (가)는 2011년 11월, (다)는 2012년 3월에 출력된 문서이며, (나)는 2010년 10월, (라)는 2012년 3월에 출력된 문서이다. [그림 7]에서 알 수 있듯이, (가)와(다), (나)와(라)에서 검출된 Yellow Dots 패턴이 동일하다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 토대로 HP 컬러 레이저젯 프린터기기는 Xerox사에서 제조된 기기와는 다르게 시간, 날짜 그리고 연도와 같은 정보가 임베딩 되어 있지 않다고 가정할 수 있다.

그림 7. 연(年), 월(月)이 프린터 출력물의 결과

2.5 동일한 기종에 따른 Yellow Dots의 특성

그림 8. 동일한 프린터 출력물의 결과

날짜 정보가 임베딩 되지 않았다는 것을 가정 할 수 있었다. 또한 시리얼 넘버가 다른 프린터기에서 유사하지만 다른 형태의 Yellow Dots가 나타나는 것을 알 수 있었다. 그 결과, 본 논문을 통하여 HP 컬러레이저 프린터기 그리고 EFF에서 밝힌 제록스 컬러레이저 프린터기에서 출력된 문서를 통하여, 타 회사 그리고 타 기종을 불문하고 출력기기의 구분을 분명하게 할 수 있다. 이것은 동일기종에서의 문서 출력여부를 가리는 감정 업무에 효과적으로 적용이 가능하다. 마지막으로 실험에 사용된 모든 HP 컬러 레이저 프린터 기기들의 Yellow Dots를 분석한 결과, 동일한 패턴을 찾을 수 있었으며, 그 결과를 통하여 HP사의 특징점을 파악할 수 있다. 현재 Yellow Dots로 제조사, 시리얼 넘버 그리고 출력된 날짜 등을 분석하는 연구는 초기단계에 있다. 향후 HP의 Yellow Dots의 패턴 및 타 제조사의 컬러 레이저 프린터의 Yellow Dots를 분석하는 연구가 다시 진행되어야 할 것이며, 나아가 모든 프린터 제조사들의 Yellow Dots를 분석하여 컬러 레이저 프린터의 출력 시기 뿐만 아니라 다양한 정보들을 분석하여 특히, 작성 시기 및 동일 프린터 출력물 분석 등, 다양한 문서감정 분야에 큰 도움이 되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 양후열, “문서감정의 이론과 실제”, 국립과학수사연구소, p.12, 2005.
- [2] 김정호. 위조범죄와 문서감정, 박문각, p.137, 1996.
- [3] 홍성욱, 김재균, 성태명, 김유나, 김은호, 김동욱, 박성우, “적외선 분광광도계에 의한 토너 성분의 동일성 여부 감정 방법에 대한 연구”, 제7회 한국법과학회 춘계 학술 대회, p.82, 2003.
- [4] 강원대학교 창강제지기술연구소, “시대별 문서작성 용지의 식별을 위한 특성 규명에 관한 연구”, 대검찰청, p.1, 2009.
- [5] 이기수, 백승우, 남윤식, 차기석, 차주환, 임원철, 박현미, 이연희, 이강봉, “문서감정을 위한 국내시판 볼펜잉크의 성분 확인에 관한 연구”, 제42회 한국분석과학회지, p.67, 2009.

[6] S. J. Suh, Jan P. Allebach, George T. C. Chiu, and Edward J. Delp, “Printer Mechanism-Level Data Hiding for Halftone Documents,” Purdue University, p.1, 2010.

[7] Investigating machine identification code technology in color laser printers. <http://www.eff.org/wp/investigating-machine-identification-code-technology-color-laser-printers>, 2005.

저 자 소 개

최 영 호(Young-Ho Choi)

정회원

• 2012년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 범죄영상 분석, 잠재지문 현출

이 덕 호(Doek-Ho Lee)

정회원

• 2008년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 필적감정, 기재선후감정

윤 영 미(Young-Mi Yoon)

정회원

• 1992년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 필적감정, 지문감정

홍 현 식(Heon-Sich Hong)

정회원

- 2000년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 인영감정, 지문감정

신 중 연(Jong-Yeon Shin)

정회원

- 2009년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 지질분석, 비가시광선

윤 기 형(Kee-Hyung Yoon)

정회원

- 1994년 ~ 현재 : 대검찰청
Digital Forensic Center 문서감
정실

<관심분야> : 필적감정, 인영감정