

원의 넓이에 근거한 새로운 서브 이미지 추출방법을 통한 CAPTCHA 시스템 개발 및 사용자 인식률 실험

정우근

Chung Woo-Keun

부산대학교 컴퓨터공학과
wkchung@pusan.ac.kr

ABSTRACT

우리는 예전 연구 [22]을 통하여 서브 이미지 기반의 CAPTCHA 시스템에 대하여 논하였다. 예전 연구 [22]는 일반적인 이미지에서 무작위 좌표를 선정하여, 선정된 좌표에서 사용자가 지정한 서브 이미지의 비율에 따라서 서브 이미지를 추출한다. 이 연구에서는 서브 이미지 추출시 정사각형의 형태로 추출하였다. 또한 [21]을 통하여 사람이 가장 쉽게 분별하기 쉬운 색상 25 가지를 이용하여 필터링 시스템을 구축하였다. 이 필터링 시스템을 통하여 좀 더 효과적인 서브 이미지를 추출하였다. 또한 [23]을 통하여 우리는 사용자에게 가장 인지하기 쉬운 다각형의 형태를 찾기 위하여 총 5 가지 형태의 다각형을 제시하여 사용자에게 가장 인식률이 높은 다각형을 찾는 실험을 했다. 본 보고서에서는 이와 같은 연구를 바탕으로 다음과 같은 의문점을 가졌다. 원에 가까운 정다각형의 경우 인식률은 어떻게 되는 것인가? 본 단락에서 [23]에서 제안했던 원의 넓이에 근거한 서브 이미지 추출방법을 사용하여 정삼각형에서 정 16 각형까지의 다각형을 제공하여 실험에 임하였다.

KEYWORDS Sub-Image, CAPTCHA, Polygon

1 서론

인터넷의 많은 보급 및 발달로 인하여 현재 우리 사회에서 인터넷의 차지하는 비율은 나날이 증가하고 있는 실정이다. 이렇게 인터넷의 보급이 발달함에 따라서 현재 우리 사회에서는 인터넷을 통하여 많은 서비스를 받고 요청할 수 있으며, 또한 관련된 정보를 찾으며, 많은 미디어체계를 접하고 있다. 하지만 우리는 1 과 같이 인터넷에서 유익한 정보를 접하고 있음과 동시에 정보와 관련된 글이 올라오는 게시판에 해당 홈페이지와는 상관없는 난해한 정보 및 광고성의 글들을 많이 접하게 됨을 알 수 있다.

우리는 이러한 난해한 글들은 우리가 쉽게 접하는 유익한 인터넷의 홈페이지 또는 뉴스의 댓글에 많이 상주하게 도미를 알 수가 있다. 이러한 글들을 사전에 방지하기 위하여 정보를 게재하기 위해서는 가입을 요구하였으나, 웹봇을 이용한 자동 가입 그리고 광고성 글들이 무수히 많이 게재되는 것을 볼 수 있다. 우리는 광고성 및 스팸성의 글들을 막기 위하여 CAPTCHA 시스템을 도입하였다. CAPTCHA 시스템은 인간의 우수한 가독성을 이용하여 컴퓨터 프로그램이 쉽게 해독하기 어려운 기호, 글자등을 입력하도록 하는 시스템으로써 이 시스템을 정보 게재 및 사용자 가입 이전에 제공하여 스팸성 및 광고성 글들을 사전에 방지하였다.

현재 제공되고 있는 CAPTCHA 시스템은 텍스트 기반으로 이루어져 있다. 텍스트 기반의 CAPTCHA 시스템은 문자들의 조합으로 제공되는 시스템이다. 하지만 이와 같은 시스템은 데이터의 다양성이 제공되지 못하여, 머신러닝의 공격이 우려된다. 또한 텍스트 기반의 CAPTCHA 시스템을 쉽게 통과할 수 있는 많은 기법들이 존재하고 있다. 이와 같이 텍스트 기반의 CAPTCHA 시스템의 문제점을 해결하기 위해, 이미지 기반의 CAPTCHA 시스템이 제공되었다. 이미지 기반의 CAPTCHA 시스템은 일련의 이미지들을 나열하고 특정 오브젝트를 포함하고 있는 이미지를 선택하거나, 이미지의 올바른 교정을 요하는 CAPTCHA 시스템이다.

등록일자	이름	내용
2008/11/21	여기다 색-어찌구 저찌구	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 계속 도배하는 인간 너 강병규지?
2008/11/21	섹스파트너 구하는곳	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 ▶섹스파트너 구하는곳 ◀ http://partnersek112.wo.to 섹스파트너 구하는곳! 하루평균 섹스파트너 3명과 연결!! 가입후 1주일간은 무료니까 가입후 확인해보세요 ~ 여차피 탈퇴하면 그만이니깐
2008/11/21	섹스파트너 구하는곳	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 woong님의 댓글 ◀ ▶섹스파트너 구하는곳 ◀ http://partnersek112.wo.to 섹스파트너 구하는곳! 하루평균 섹스파트너 3명과 연결!! 가입후 1주일간은 무료니까 가입후 확인해보세요 ~ 여차피 탈퇴하면 그만이니깐
2008/11/21	섹스파트너 구하는곳	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 은누리님의 댓글 ◀ ▶섹스파트너 구하는곳 ◀ http://partnersek112.wo.to 섹스파트너 구하는곳! 하루평균 섹스파트너 3명과 연결!! 가입후 1주일간은 무료니까 가입후 확인해보세요 ~ 여차피 탈퇴하면 그만이니깐
2008/11/21	섹스파트너 구하는곳	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 지지이니님의 댓글 ◀ ▶섹스파트너 구하는곳 ◀ http://partnersek112.wo.to 섹스파트너 구하는곳! 하루평균 섹스파트너 3명과 연결!! 가입후 1주일간은 무료니까 가입후 확인해보세요 ~ 여차피 탈퇴하면 그만이니깐
2008/11/21	섹스파트너 구하는곳	악마의 눈물을 흘리고 있는 강병규 후은사랑동님의 댓글 ◀ ▶섹스파트너 구하는곳 ◀ http://partnersek112.wo.to 섹스파트너 구하는곳! 하루평균 섹스파트너 3명과 연결!! 가입후 1주일간은 무료니까 가입후 확인해보세요 ~ 여차피 탈퇴하면 그만이니깐

그림 1. 블로그나 홈페이지에 게시되어 있는 나쁜 글 또는 악성 댓글에 대한 예시이다. 우리는 이러한 광고성 댓글들을 홈페이지나 블로그를 통하여 쉽게 접할 수 있게 되었다.

우리는 전 연구 [22]에서 일반적인 이미지에서 서브 이미지를 추출하여, 추출된 서브 이미지를 기반으로 하는 새로운 CAPTCHA 시스템을 제안했다. 예전 연구 [22]에서 제안한 시스템은 일반적인 이미지에서 무작위 좌표를 선정하여, 사용자가 선정한 서브 이미지 비율에 근거하여 선정된 좌표에서 서브 이미지를 추출한다. 추출되는 서브 이미지는 정사각형의 형태를 가지게 된다. 이와 같이 정사각형의 형태로 출력된 서브 이미지를 무작위 회전을 통하여, 무작위 회전된 서브 이미지를 올바르게 교정하는 것이다. 정사각형이 가지는 방향은 4 가지 방향 (0 도, 90 도, 180 도 그리고 270 도) 으로 이 4 가지 방향중 무작위 회전을 하고, 회전된 정사각형을 사용자가 올바르게 교정하는 것이다. 또한 [21]에서는 사람이 가장 인지하기 쉬운 25가지 색상을 이용하여, 서브 이미지를 필터링 하는 시스템을 통해 인식률이 얼마나 증가되는지 알아보았다. 25 가지 색상을 통한 서브 이미지 필터링은 효과적이었으나, 몇몇 서브 이미지의 경우에는 필터링을 행하였음에도 불구하고, 사용자에게 효과적인 시스템을 제공하지 못하는 이미지를 제공하였다. 하지만 필터링 시스템의 경우 꼭 필요한 것으로 생각된다. 또한 [23]을 통하여 서브 이미지 추출시 정사각형의 형태가 아닌 다른 다각형, 정오각형, 정육각형, 정칠각형 그리고 정팔각형을 통하여 사용자 인식률 실험을 행하였다. 실험의 목적은 사용자는 각각의 다각형중 어떤 다각형에 가장 많은 인식률을 보이는 것과 서브 이미지를 담고 있는 다각형의 각의 갯수에 따라서 어떻게 인식률이 달라지는 것에 대하여 실험을 행하였다.

본 보고서에서는 전 보고서 [23]에서 새롭게 제안한 원의 넓이에 근거한 서브 이미지 추출방법을 통하여 서브 이미지를 추출하고, 전 보고서와는 달리 더 많은 다각형을 제공하여, 원의 근거할수록 또는 다각형이 각의 갯수 또는 교정할 수 있는 방향을 많이 가질수록 사용자의 성공률에 대하여 알아보고자 한다. 다음 단락에서는 실험에 들어가기에 앞서 본 보고서에서 제공하는 시스템에 대하여 알아보도록 하자.

2 구현된 시스템

본 단락에서는 실험에 들어가기 앞서 본 보고서에서 제안하는 서브 이미지의 추출방법과 본 보고서에서 제안하는 방법으로 구현된 CAPTCHA 시스템에 대한 것을 다루어 보겠다.

본 보고서의 서브 이미지 추출 방법에 대하여 알아보기 전에 전 보고서들의 서브 이미지 추출 방법에 대하여 알아보도록 하자. 전 보고서 [22], [21]에서의 서브 이미지 추출방법은 일반적인 이미지에서 무작위 좌표 선정을 한뒤, 선정된 좌표에서 사용자가 설정한 서브 이미지 비율에 따라서 정사각형의 형태로 서브 이미지를 추출한다. 또한 보고서 [23]에서는 본 보고서와 동일한 서브 이미지 추출방법을 사용한다. 본 보고서에서 사



그림 2. 본 보고서에서 제안한 정 16 각형의 모습이다. 정 16 각형의 경우 원의 넓이와 거의 일치하는 넓이를 가지고, 사용자가 수정할 수 있는 또는 교정할 수 있는 각의 갯수는 정 16 각형이 가지는 각의 갯수와 동일하다.

용하는 서버 이미지 추출방법은 전 추출방법과 동일하게 일반적인 이미지에서 무작위 좌표를 선정하고, 선정된 좌표에서 사용자가 지정한 원의 반지름의 크기에 해당하는 원을 감싸는 다각형의 형태로 서버 이미지를 추출하는 것이다.

본 보고서에서는 전 보고서와는 다르게 서버 이미지를 추출한다. 먼저 사용자가 본 시스템에서 제공하는 CAPTCHA 시스템에 임하기 전에 두 가지의 파라미터 값을 설정한다. 본 시스템의 CAPTCHA 시스템의 파라미터 값은 (d_n, l_n) 와 같다. 이 두 가지의 파라미터 값은 각 도형이 가지는 각의 갯수 d_n 에 해당하고, 이미지의 크기를 설정하는 각 도형의 내접하는 원의 크기를 결정하는 원의 반지름 값 l_n 에 해당한다. 이 두 가지의 값으로 CAPTCHA 시스템의 서버 이미지의 크기와 도형의 형태를 결정하는 것이다. 본 보고서에서 이와 같이 파라미터 값을 설정하는 이유는 원의 반지름 값인 c_n 을 설정하여 서버 이미지를 추출할 시 원의 크기는 일정하고 원의 내접하는 다각형을 추출하기 때문에 다각형의 넓이가 일정하게 변한다. 즉, 사각형에서 다각형으로 진화할 수록 다각형은 점점 원에 가까워 진다. 즉, 원의 넓이에 가까워 지는 것이다. 그림 4 을 살펴보자. 그림 4 에서는 현재 정오각형안에 내접하고 있는 원을 나타내고 있다. 본 그림의 정오각형의 d_n 의 값은 $d_5 = x1 \ x5$ 이다.

본 보고서에서 이와 같은 시스템으로 다음과 같은 사항을 알아보기 위함이다. 첫번째로는 사용자는 어떤 다각형에서 가장 높은 성공률을 보이는가 와 서버 이미지 제공시 서버 이미지를 담고 있는 다각형의 크기 또는 서버 이미지가 담고 있는 즉, 다각형에 있는 이미지의 정보 양 또는 픽셀의 양에 따라서 사용자의 인식률이 달라지는가에 대한 목적을 두고 실험에 임하는 것이다. 즉, 내접하고 있는 원의 크기에 따라서 얼마나 사용자의 인식률이 달라지는 것이다. 정리하자면 다음과 같다.

- 가. 사용자는 어떤 다각형에서 가장 높은 성공률을 보이는가?
- 나. 각 다각형들의 내접하고 있는 원의 크기에 따라서 사용자의 인식률이 어떻게 달라지는가?

우리는 다음과 같은 목적을 가지고 실험을 행하였다. 다음 단락에서는 실험의 배경 및 결과 등 실험에 전반적인 내용에 대하여 논해보겠다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. 본 보고서에서 제공하는 다각형들의 모습이다. (a)는 정삼각형, (b)는 정오각형, (c)는 정육각형, (d)는 정팔각형에 해당한다.

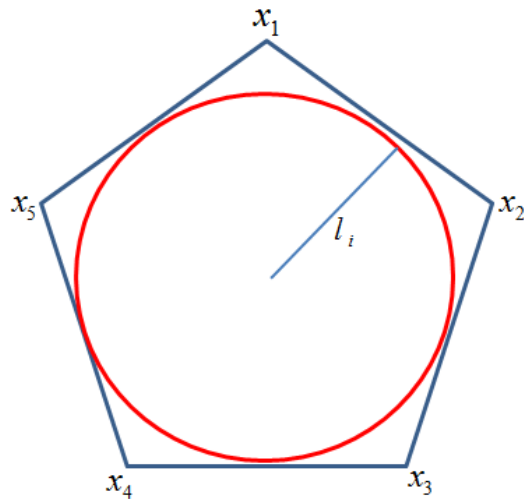


그림 4. 전 보고서 [23]에서 제안하는 서브 이미지 추출방법이다. 전 보고서에서는 서브 이미지 추출시 사용자는 두 가지의 파라미터 값을 선택한다. 파라미터 값은 (d_n, l_n) 이다. d_n 의 값은 다각형이 가지는 각의 갯수를 나타낸다. 즉, 사용자가 정오각형을 선택할 시 n 의 값은 5를 가진다. l_i 의 값은 내접하고 있는 원의 반지름을 나타낸다. 본 보고서에서는 이 두 가지의 파라미터 값으로 시스템 환경을 설정하고, 설정된 시스템에서 실험을 행한다.

3 실험

본 단락에서는 본 보고서에서 제안했던 일반적인 이미지에서 서브 이미지를 추출할 시 크기를 결정하는 하나의 방법으로 제안했던 원의 크기를 결정하뒤 원이 내접하고 다각형의 형태로 서브 이미지를 추출하는 방법을 통하여 실험하고 실험에 결과에 대하여 논의해 보겠다.

실험에 들어가기 앞서 실험 환경에 대하여 설명하겠다. 실험 환경으로써 실험자는 총 3명으로 실험을 행하였으며, 각 실험자 마다 원의 사이즈 100, 150, 200의 크기로 정삼각형에서 정16각형까지 실험하였다. 각각의 크기와 도형마다 약 80번의 횟수로 실험에 임하였다. CAPTCHA 시스템의 실험은 각각 도형 마다 사용자가 앞서 논의하였던 두 가지의 파라미터 값을 설정하여, 실험에 응하는 것이다. 두 가지 파라미터 값 (d_n, l_n) 에서 l_i 의 값은 100, 150 그리고 200의 크기로 설정할 수 있도록 하였으며, d_n 의 값은 사용자의 선택에 따라서 달라진다. 사용자가 정삼각형을 선택할 경우 d_n 에서 n 의 값이 3이 되는 것이다. 또한 n 이 나타내는 값은 각 도형에 대하여 교정할 수 있는 방법의 갯수를 나타내기도 한다.

실험의 결과를 그래프 6를 통하여 알아보자. 현재 그래프에서 y 축은 사용자의 성공률을 나타내고 있으며, x 축은 다각형을 나타내고 있다. 또한 그래프에서는 3 가지의 값들을 나타내고 있다. 3 가지의 값들은 사용자가 파라미터 값을 설정했던 원의 반지름의 크기를 나타내고 있다. 실험의 환경에서 제공했던 3 가지의 값인 100, 150, 200에 대한 결과를 다른 색깔로 나타내고 있다. 그래프를 살펴보자. 실험의 결과는 도형의 d_n 의 값이 증가할수록 또는 도형이 진화할수록 전체적으로 성공률이 낮아 지는 것을 나타내고 있다. 전체적으로 성공률이 낮아 지는 것은 다각형으로 진화할수록 또는 교정할 수 있는 방향이 많아지는 것이기 때문일 것이다. 또한 정삼각형에서 다각형으로 진화할수록 넓이는 원의 넓이에 가까워 진다. 원의 넓이에 가까워 질수록 다각형의 넓이는 원의 넓이와 동일해지기 때문에 다각형 형태의 서브 이미지가 담을 수 있는 양이 작아 지는 것이다. 하지만 본 실험에서는 정사각형과 정14각형에서 급격하게 성공률이 저하되는 것을 알 수가 있다. 전 보고서에서 사용해왔던 필터링 시스템 [12]을 사용하지 않았지만, 각 3 명의 실험자가 각각의 사이즈마다 80번의 실험을 행하였으나

Name	Region Type	Size		
		100	150	200
Total	Triangle(3)	89.39	89.17	90.84
	Rect(4)	67.99	70.78	76.52
	Pentagon(5)	83.33	87.50	90.23
	Heptagon(6)	72.78	86.07	85.04
	Octagon(7)	67.08	76.57	84.58
	Hexagon(8)	69.35	80.51	91.18
	Polygon(9)	77.65	82.39	86.88
	Polygon(10)	71.74	84.27	85.34
	Polygon(11)	74.30	77.08	83.92
	Polygon(12)	67.92	75.83	85.42
	Polygon(13)	67.92	79.17	81.25
	Polygon(14)	44.58	36.67	36.94
	Polygon(15)	70.00	77.03	80.42
	Polygon(16)	69.17	79.17	83.75

그림 5. 본 보고서에서 제안했던 방법으로 실험한 결과의 값을 테이블로 나타내고 있다.

급격하게 저하되는 것은 나타나고 있다. 이와 같은 결과는 더 많은 실험을 행하고 또한 필터링 시스템을 제공하여 다시 한번 실험을 행하여 올바른 결과를 찾고 또한 이와 같이 급격하게 하락하는 이유를 찾아야 할 것이다.

4 결론 및 추구 과제

본 보고서에서는 전 보고서와는 다른 방법의 서브 이미지의 추출방법을 제안하였다. 제안한 서브 이미지의 추출방법으로는 일반적으로 촬영된 이미지에서 서브 이미지를 추출시 원의 반지름을 지정하여, 지정된 반지름의 원을 내포하고 있는 다각형의 형태의 서브 이미지를 추출하는 것이다. 이와 같은 방법으로 제시한 목적은 전 보고서를 통하여 실험했던 정사각형에서 정팔각형까지 실험에서는 전체적으로 사용자의 인식률이 점점 다각형에 가까워질수록 성공률이 저하되는 것을 알 수 있었다. 하지만 이와 같은 방법은 각각의 도형이 가지는 넓이의 값들이 일정하게 증가하거나 감소하지 않아서 본 보고서에서 실험의 환경으로써는 적합하지 않아서 본 보고서에 제안했던 서브 이미지의 추출방법을 제안하였다. 또한 우리는 실험에 들어가기에 앞서 실험의 환경으로써 두 가지의 파라미터 값을 정하였다. 파라미터 값은 (d_n, l_n) 와 같다. d_n 의 값은 각 도형이 가지는 각의 갯수 즉, 사용자가 정삼각형에서 정 16 각형중 하나의 도형을 지정하는 값이며, l_i 의 값은 원의 반지름 값이다. 우리는 이와 같은 파라미터의 값을 통하여 실험에 임하였다. 실험의 결과로써는 정사각형과 정 14 각형에서 급격하게 감소하게 나오는 값이 나왔지만 전체적인 값은 정삼각형에서 정 16 각형에 이를수록 사용자 인식률이 감소되는 것을 볼 수 있었다.

추후 과제로써는 정사각형과 정 16 각형에서 나오는 급격한 성공률에 대하여 원인을 찾고 이와 같은 값이 다시 나오는지 또 한번의 실험을 거듭해야 할 것이다. 또한 본 보고서에서는 전 보고서에서 필터링 시스템을 거치지 않고 실험에 행하였다. 그리하여 필터링 시스템을 거치고 또한 더 많은 실험자와 더 많은 데이터를 통하여 좀 더 평균적인 값을 실험을 통하여 얻어내어 어떠한 도형이 좀 더 서브 이미지의 CAPTCHA 시스템에 가장 효과적인지 알아보아야 할 것이다.

참고 문헌

1. Shumeet Baluja, Automated image-orientation detection: a scalable boosting approach, *Pattern anal. appl.* 10 (2007), 247-263.



그림 6. 본 보고서에서 제안했던 방법으로 실험한 결과의 값을 5의 값을 토대로 나타낸 그래프이다. 본 그래프에서 y 축은 사용자의 성공률을 나타내고 있으며, x 축은 다각형을 나타내고 있다. 그래프의 결과 값은 총 3 가지의 값으로 나타내고 있다. 실험의 환경으로써 원의 반지름을 3 가지 값으로 제공하였고, 그에 따른 값들을 각각 다른 색깔로 표현하였다. 실험에서 제공한 원의 반지름은 100, 150 그리고 200 이다. 또한 실험의 결과로써 전체적인 성공률이 정삼각형에서 정 16 각형으로 변해가거나 또는 진화할수록 성공률이 낮아지는 것을 알 수 있다. 하지만 정사각형 과 정 14 각형에서 성공률이 급격하게 하락하는 것을 볼 수가 있다. 3 명의 실험자가 각 도형마다 3 가지의 다른 값으로 80 번의 실험을 행하였으나 다음과 같은 결과가 나온 것은 조금 색다르게 볼 수가 있다.

- Kumar Chellapilla, Kevin Larson, Patrice Simard, and Mary Czerwinski, Designing human friendly human interaction proofs (HIPs), Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2005, pp. 711-720.
- Huang SY et al., A projection-based segmentation algorithm for breaking MSN and YAHOO CAPTCHAs, Proc. of the International Conference of Signal and Image Engineering, 2008.
- Rich Gossweiler, Maryam Kamvar, and Shumeet Baluja, What's up CAPTCHA?: a CAPTCHA based on image orientation, Proc. of the 18th international conference on World wide web, 2009, pp. 841-850.
- J. Howell J. Elson, JR. Douceur and J. Saul, Asirra: a CAPTCHA that exploits interest-aligned manual image categorization, Proc. of the 14th ACM conference on Computer and communications security, 2007, pp. 366-374.
- P Simard K Chellapilla, Using machine learning to break visual human interaction proofs (HIPs), Advances in Neural Information Processing Systems, 2004.
- Hong-Jiang Zhang Lei Zhang, Mingjing Li, Boosting Image Orientation Detection with Indoor vs. Outdoor Classification, Proc. of the Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2002, pp. 95-99.
- David G. Lowe, Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International journal of computer vision* 60 (2004), 91-110.
- Jiebo Luo and Matthew Boutell, A Probabilistic Approach to Image Orientation Detection via Confidence-Based Integration of Low-Level and Semantic Cues, CVPRW '04: Proceedings of the 2004 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW'04) Volume 9, IEEE Computer Society, 2004, p. 141.
- G. Mori and J. Malik, Recognizing objects in adversarial clutter: breaking a visual CAPTCHA, Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition., June 2003.
- Golle Philippe, Machine learning attacks against the Asirra CAPTCHA, Proc. of the 15th ACM conference on Computer and communications security, 2008, pp. 535-542.

12. B. G. Prasad, K. K. Biswas, and S. K. Gupta, Region-based image retrieval using integrated color, shape, and location index, *Comput. vis. image underst.* **94** (2004), 193–233.
13. et al. S. M. Bileschi, Towards component-based car detection, In *ECCV Workshop on Statistical Learning and ComputerVision*, 2004.
14. Lyu Siwei, Automatic image orientation determination with natural image statistics, *Proc. of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, 2005, pp. 491–494.
15. V. Srikanth, C. Vishwanathan, Udit Asati, and N. Ch. Sriman Narayana Iyengar, Think-an image based CAPTCHA mechanism (testifying human based on intelligence and knowledge), *Proc. of the International Conference on Advances in Computing, Communication and Control*, 2009, pp. 421–424.
16. A. Vailaya, H. Zhang, Changjiang Yang, Feng-I Liu, and A.K. Jain, Automatic image orientation detection, *Ieee trans. on image processing* **11** (2002), 746–755.
17. Lei Wang, Xu Liu, Lirong Xia, Guangyou Xu, and Alfred Bruckstein, Image orientation detection with integrated human perception cues (or which way is up), *Proc. of ICIP*, vol. 2, Sept. 2003, pp. 539–42.
18. Yongmei Wang and Hongjiang Zhang, Content-based image orientation detection with support vector machines, *IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries*, 2001.
19. Yongmei Michelle Wang and Hongjiang Zhang, Detecting image orientation based on low-level visual content, *Computer vision and image understanding* **93** (2004), 328 – 346.
20. Ming-Hsuan Yang, David J. Kriegman, and Narendra Ahuja, Detecting Faces in Images: A Survey, *Ieee transactions on pattern analysis and machine intelligence* **24** (2002), 34–58.
21. 정우근, Color 색상 분포도 실험을 통한 효과적인 서브 이미지 제공, Tech. report, 부산대학교, 12 2009.
22. _____, 실험을 통한 효과적인 CAPTCHA 시스템을 위한 서브 이미지 추출 개선방안, Tech. report, 부산대학교, 11 2009.
23. _____, 효과적인 서브 이미지 기반의 CAPTCHA 시스템을 위한 다각형 형태의 서브 이미지 실험, Tech. report, 부산대학교, 01 2010.