

# Análise de Performance de Técnicas no Domínio Espacial de Inserção e Ataque de Marca d' Água

Ivan Oliveira Lopes  
lo.lopes@uol.com.br

Célia Ap. Zorzo Barcelos  
celiazb@ufu.br

UFU - Universidade Federal de Uberlândia - MG - Brasil

## INTRODUÇÃO

Os principais objetivos dos sistemas de Marca d' Água digital é prover proteção à direitos autorais e autenticidade de dados digitais. Existem várias técnicas que tentam atingir estes objetivos, e elas estão divididas em: Marca d' Água Visível e Marca d' Água Invisível (Frágil e Robusta).

Em imagens marcadas, qualquer processamento aplicado sobre elas são considerados ataques.

Os sistemas de Marca d' Água consistem em inserir e extrair e/ou detectar a marca. Um exemplo é dado na Figura 1.

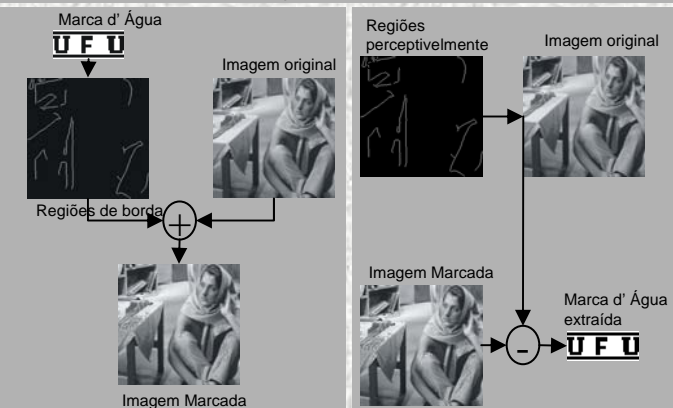


Figura 1a, Inserção de Marca d' Água sobre pontos de borda

Figura 1b, Extração de Marca d' Água sobre pontos de borda

## MÉTODOS ANALISADOS

### 1-LSB (Least Significant Bit)

Consiste em inserir a marca nos bits menos significativos da imagem a ser marcada.

Ao inserir a Marca d'Água à imagem original, o bit menos significativo da imagem é analisado, para ser ou não modificado. Na Figura 2, pode ser visualizado um exemplo de inserção por LSB.

Imagem Original	Marca d' Água	Imagem Marcada																												
<table border="1"> <tr><td>100</td><td>120</td><td>96</td><td>13</td></tr> <tr><td>47</td><td>15</td><td>125</td><td>236</td></tr> <tr><td>145</td><td>185</td><td>128</td><td>123</td></tr> </table>	100	120	96	13	47	15	125	236	145	185	128	123	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	1	0	0	1	<table border="1"> <tr><td>101</td><td>120</td><td>97</td><td>13</td></tr> <tr><td>46</td><td>16</td><td>125</td><td>237</td></tr> <tr><td>146</td><td>185</td><td>129</td><td>123</td></tr> </table>	101	120	97	13	46	16	125	237	146	185	129	123
100	120	96	13																											
47	15	125	236																											
145	185	128	123																											
1	0																													
0	1																													
101	120	97	13																											
46	16	125	237																											
146	185	129	123																											

Figura 2, Exemplo de inserção por LSB.

### 2-CORRELAÇÃO

É uma técnica que explora as propriedades de correlação dos padrões de ruído aditivo pseudo-randômicos aplicados a uma imagem.

Um padrão de ruído pseudo-randômico  $W(x,y)$  é adicionado à imagem original  $I(x,y)$ , de acordo com a equação abaixo:

$$Iw(x,y) = I(x,y) + k \cdot W(x,y)$$

onde  $k$  é um fator escalar,  $Iw$  é a imagem marcada como resultado da equação, e  $W(x,y)$  é duas seqüências, uma utilizada quando a marca tiver valor 0 ( $W0$ ) e outra ( $W1$ ) quando a marca tiver valor 1. A inserção pode ser vista na Figura 3.

No processo de extração, são utilizadas as mesmas seqüências do processo de inserção, então a correlação entre a imagem marcada e as seqüências é calculada. Se a correlação entre  $Iw$  e  $W1$  for maior que a correlação entre  $Iw$  e  $W0$ , a Marca d'Água recuperada recebe valor 1 senão recebe 0.

Imagem Original	Marca d' Água	Imagem Marcada																																																																												
<table border="1"> <tr><td>120</td><td>100</td><td>98</td><td>32</td><td>27</td><td>16</td></tr> <tr><td>14</td><td>65</td><td>78</td><td>20</td><td>234</td><td>198</td></tr> <tr><td>34</td><td>76</td><td>29</td><td>84</td><td>39</td><td>88</td></tr> <tr><td>35</td><td>66</td><td>134</td><td>214</td><td>200</td><td>150</td></tr> <tr><td>49</td><td>18</td><td>0</td><td>82</td><td>23</td><td>33</td></tr> <tr><td>98</td><td>76</td><td>56</td><td>34</td><td>22</td><td>17</td></tr> </table>	120	100	98	32	27	16	14	65	78	20	234	198	34	76	29	84	39	88	35	66	134	214	200	150	49	18	0	82	23	33	98	76	56	34	22	17	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table> <p><math>K = 5</math></p>	0	1	1	0	<table border="1"> <tr><td>120</td><td>105</td><td>103</td><td>27</td><td>32</td><td>21</td></tr> <tr><td>14</td><td>60</td><td>78</td><td>20</td><td>234</td><td>203</td></tr> <tr><td>29</td><td>81</td><td>29</td><td>89</td><td>39</td><td>83</td></tr> <tr><td>30</td><td>71</td><td>139</td><td>214</td><td>205</td><td>155</td></tr> <tr><td>49</td><td>18</td><td>5</td><td>82</td><td>18</td><td>33</td></tr> <tr><td>103</td><td>76</td><td>56</td><td>29</td><td>27</td><td>17</td></tr> </table>	120	105	103	27	32	21	14	60	78	20	234	203	29	81	29	89	39	83	30	71	139	214	205	155	49	18	5	82	18	33	103	76	56	29	27	17
120	100	98	32	27	16																																																																									
14	65	78	20	234	198																																																																									
34	76	29	84	39	88																																																																									
35	66	134	214	200	150																																																																									
49	18	0	82	23	33																																																																									
98	76	56	34	22	17																																																																									
0	1																																																																													
1	0																																																																													
120	105	103	27	32	21																																																																									
14	60	78	20	234	203																																																																									
29	81	29	89	39	83																																																																									
30	71	139	214	205	155																																																																									
49	18	5	82	18	33																																																																									
103	76	56	29	27	17																																																																									
Seqüência 0 ( $W0$ )	Seqüência 1 ( $W1$ )																																																																													
<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	0	1	1	0	-1	0	-1	1	0	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> </table>	-1	1	1	0	0	1	1	0	-1																																																											
0	1	1																																																																												
0	-1	0																																																																												
-1	1	0																																																																												
-1	1	1																																																																												
0	0	1																																																																												
1	0	-1																																																																												

Figura 3, Exemplo de inserção por Correlação.

### 3-PONTOS RELEVANTES

Uma forma de inserir Marca d' Água sobre pontos relevantes de uma imagem digital, é detectar seus pontos de borda.

Os pontos de borda são obtidos da imagem original para serem utilizados como máscara no processo de inserção. Se o pixel da imagem de borda tiver valor 255, insere-se uma porcentagem do valor do pixel da Marca d' Água na imagem original, na mesma posição da imagem de borda. Caso contrário, a imagem original permanece a mesma. Este processo se repete até que toda a marca seja aplicada sobre a imagem original.

A extração da Marca d'Água é feita utilizando a imagem original e a imagem marcada. Na posição onde a imagem de borda tem valor 255 é feita a seguinte operação:

$$(Iw - I) / k$$

A figura 1, exemplifica a inserção e extração obtidas por este método.

## RESULTADOS

Os resultados serão mostrados com a intenção de exemplificar as performances dos métodos do domínio do espaço citados, quando submetidos a certos tipos de ataques.

### Imagens Marcadas e Marcas Recuperadas após Ataques



Figura 3a, Imagem Marcada por LSB

Figura 3b, Imagem Marcada por Correlação

Figura 3c, Imagem Marcada por Borda



Outros resultados são apresentados na tabela abaixo, mostram os valores de correlação entre imagens originais e imagens marcadas, como também entre Marca d'Água e marcas extraídas por cada método. Quanto mais próximos a 1 os valores de correlação estiverem, maior a semelhança entre as imagens analisadas.

### Valores de Correlação

Imagens	Borda	LSB	Correlação
Img Orig / Img Marc	0.9959	0.9999	0.9751
Wm / Wm_Ext	0.9991	0.9205	0.9454
Wm / Wm_Ext - JPG - 90	0.9727	-0.0043	0.9414
Wm / Wm_Ext - JPG - 80	0.8645	-0.0111	0.9008
Wm / Wm_Ext - JPG - 70	0.7882	-0.0096	0.8504
Wm / Wm_Ext - JPG - 60	0.7538	-0.0102	0.8166
Wm / Wm_Ext - JPG - 50	0.7214	-0.0115	0.7713
Wm / Wm_Ext - JPG - 40	0.6577	-0.0128	0.6955
Wm / Wm_Ext - JPG - 30	0.6212	-0.0171	0.6304
Wm / Wm_Ext - JPG - 20	0.5154	-0.0074	0.5435
Wm / Wm_Ext - JPG - 10	0.3634	-0.0171	0.2336
Wm / Wm_Ext - Média - 3X3	0.2853	-0.0245	0.3897
Wm / Wm_Ext - Médiana - 3X3	0.5493	0.5551	0.3716
Wm / Wm_Ext - Ruído gaussiano - 3%	0.8444	-0.0041	0.9474
Wm / Wm_Ext - Recorte - Escala	-0.0830	0.0784	0.0214
Wm / Wm_Ext - Rotação 90°	-0.0424	0.0075	0.0741

## CONCLUSÃO

Atualmente, não se tem conhecimento de um método que seja resistente a todos os tipos de ataques, isto tem sido um grande desafio tratado por diversos pesquisadores. No presente trabalho foram abordados três métodos de inserção de Marca d'Água no domínio do espaço, apresentando e comparando seus resultados.

O método de LSB apesar de não oferecer resistência a maior parte dos ataques, apresenta bons resultados quando sofre transformações geométricas.

Os métodos de Correlação e de Borda são muito similares em relação a resistência a ataques, são bons para ataques de compressão com perda e adição de ruído, mas são frágeis para transformações geométricas. A diferença entre estes é que o método de correlação prejudica bastante a qualidade visual da imagem marcada, enquanto no método de borda a qualidade não é deteriorada.