

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีที่นำเสนอกับวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ การทดสอบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกคือทดสอบรูปร่างของบริเวณที่สนใจ ส่วนที่สองทดสอบจำนวนระดับความสนใจ และส่วนที่สามคือทดสอบการควบคุมระดับความสนใจในการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจหลายบริเวณ

#### 4.1 ภาพทดสอบ

ภาพที่ใช้ทดสอบทั้งหมดมีดังนี้ F16 มีขนาด 512x512 จุดภาพ อัตราบิต 24 บิตต่อจุดภาพ ภาพทดสอบ Butterfly มีขนาด 554x366 จุดภาพ อัตราบิต 24 บิตต่อจุดภาพ และใช้ภาพทดสอบโดยนำเฟรมที่หนึ่งจากลำดับภาพวิดีโอที่สน News แทนภาพหนึ่ง มีขนาดเฟรมเป็น CIF 352x288 จุดภาพ อัตราบิต 24 บิตต่อจุดภาพ ภาพทดสอบอยู่ในภาคผนวก

#### 4.2 การทดสอบ

การทดสอบจะพิจารณาผลเชิงวัตถุวิสัย (Objective Test) ด้วยค่าสูงสุดของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) มีหน่วยเป็น dB ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวัดค่าคุณภาพของภาพคำนวณได้จากสมการที่ (4.1) คุณภาพของภาพที่ดีจะมีค่า PSNR ที่ 30 dB ขึ้นไป [3]

$$MSE = \frac{1}{H * W} \sum_{y=1}^{y=H} \sum_{x=1}^{x=W} (I(x, y) - \hat{I}(x, y))^2 \quad (4.1)$$
$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right)$$

$H$  และ  $W$  คือความสูง และความกว้างของภาพในหน่วยจุดภาพตามลำดับ

##### 4.2.1 รูปร่างของบริเวณที่สนใจ



การทดสอบนี้เพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ และวิธีแมกซ์ซีฟท์สามารถกำหนดบริเวณที่สนใจให้มีรูปร่างเป็นรูปใดก็ได้ โดยที่ตัวเข้ารหัสไม่จำเป็นต้องส่งมาสก็ไปให้ตัวถอดรหัสจากนั้นทำการรวมวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญโดยใช้แมกซ์ซีฟท์ที่ระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่  $0 \leq C^{B_0}$  การทดสอบนี้ใช้ภาพทดสอบ F16 โดยกำหนดรูปร่างของบริเวณที่สนใจดังรูปที่ 4.1 และทำการถอดรหัสที่อัตราบิต 0.1 บิตต่อจุดภาพ และที่อัตราบิต 3 บิตต่อจุดภาพ ผลการถอดรหัสแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปร่างบริเวณที่สนใจใช้กับภาพทดสอบ F16

ผลที่ได้ไม่เกิดความผิดพลาดจากการเลื่อนระนาบบิดผิดสำหรับวิธีแมกซ์ชิฟท์ การเลื่อนระนาบบิดส่วนสำคัญ และวิธีที่นำเสนอ ถ้าตัวถอดรหัสเลื่อนระนาบบิดกลับผิดจะไม่สามารถทำภาพสร้างกลับที่ถูกต้องได้ ดังเช่นการเข้ารหัสจากวิธีสเตลลิงเบสค์โดยไม่ทำการส่งมาส์กให้กับตัวถอดรหัส แม้ว่าที่อัตราบิดต่ำจะสังเกตเห็นได้ไม่ชัด เนื่องจากสัมประสิทธิ์ที่ตัวถอดรหัสเลื่อนระนาบบิดผิดส่วนมากจะเป็นสัมประสิทธิ์พื้นหลัง เพื่อการเปรียบเทียบเชิงอวัสัยที่ชัดเจนจะถอดรหัสจนถึงระดับอัตราบิดสูง เมื่อทำการถอดรหัสที่อัตราบิด 3 บิตต่อจุดภาพ

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเข้ารหัสรูปร่างบริเวณที่สนใจ

	0.1 บิตต่อจุดภาพ	3 บิตต่อจุดภาพ
แมกซ์ชิฟท์		

<p>การ เลื่อน ระนาบ บิตส่วน สำคัญ</p>		
<p>วิธี นำเสนอ <math>C^{B_0}</math></p>		
<p>วิธี เจเนรัล ชิฟท์</p>		

พื้นที่หลังที่เกิดความผิดพลาดอย่างเห็นได้ชัดในบริเวณภูเขา เมื่อพิจารณาที่พื้นหลังของวิธีที่ไม่จำเป็นต้องส่งมาสก็จะไม่เกิดความผิดพลาดเช่นนี้เกิดขึ้น แสดงว่าวิธีที่นำเสนอตัวเข้ารหัสไม่จำเป็นต้องส่งมาสก็ให้กับตัวถอดรหัส

#### 4.2.2 ทดสอบจำนวนระดับความสนใจ

วิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญสามารถกำหนดระดับความสนใจให้กับบริเวณที่สนใจได้ตามค่าชิฟท์ สำหรับวิธีที่นำเสนอสามารถกำหนดระดับความสนใจได้จากการเลือกแบนด์ย่อยให้เข้ารหัสแบบแมกซ์ชิฟท์และการปรับค่าชิฟท์ การทดสอบนี้ใช้ภาพทดสอบ Butterfly กำหนดบริเวณที่สนใจให้กับภาพดังรูปที่ 4.2 เข้ารหัสที่อัตราบิตคงที่ และทำการปรับค่าชิฟท์กับการเลือกแบนด์ย่อยที่เข้ารหัสแบบแมกซ์ชิฟท์ ผลการทดสอบวัดเป็นค่า PSNR การเลือกแบนด์ย่อยที่เข้ารหัสสามารถเลือกตามการจัดหมู่โดยไม่คำนึงถึงลำดับผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.10 ค่า PSNR ที่แสดงในตารางต่อไปนี้เป็นวัดจากบริเวณที่สนใจ



รูปที่ 4.2 ภาพทดสอบ Butterfly กับบริเวณที่สนใจ

ตารางที่ 4.2 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ดบล็ออกจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 1 ระดับ ส่วนที่ 1/1

Shift value	PSB	$C^{B_0}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$
1	16.3354	16.8969	26.916	23.903	21.07	19.688	19.9952
2	16.3354	16.9037	27.021	25.025	21.915	20.893	20.7434
3	16.2895	16.8272	27.038	25.445	23.119	21.525	21.8456
4	16.9576	16.9613	27.039	25.844	22.368	21.615	22.8354



ตารางที่ 4.4 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บล็อกรจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 2 ระดับ ส่วนที่ 2/2

Shift value	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$
	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$
1	19.665	21.646	20.111	19.466	20.852	18.437	19.763	22.8928
2	20.582	21.164	21.006	19.725	20.319	19.044	19.261	24.0561
3	21.524	20.379	22.366	20.758	20.358	19.358	18.321	25.3006
4	21.625	20.029	22.86	21.299	19.015	20.262	18.313	25.8038
5	23.687	21.159	21.334	22.904	21.082	21.398	20.235	25.3822
6	25.986	24.532	21.787	24.034	23.082	22.731	22.206	23.2624
7	26.204	25.797	24.396	25.525	24.711	25.809	25.047	24.0354
8	26.302	26.163	26.993	26.408	26.422	27.066	26.435	25.4637
9	26.848	26.715	27.259	26.932	26.966	26.968	26.992	26.89
10	27.079	26.875	27.098	27.071	27.071	27.017	27.017	26.9702
11	27.057	26.965	27.037	27.051	27.051	27.034	27.034	27.0547
12	27.045	27.008	27.018	27.017	27.017	27.017	27.017	27.0196
13	27.023	27.015	27.019	27.017	27.017	27.017	27.017	27.0103
14	27.017	27.017	27.019	27.017	27.017	27.017	27.017	27.017

ตารางที่ 4.5 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บล็อกรจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 3 ระดับ ส่วนที่ 1/3

Shift value	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$
	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$
	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$
1	18.7096	20.609	19.616	21.317	20.003	19.415	20.842	18.362
2	18.429	21.755	20.456	21.161	20.767	19.689	20.312	19.024
3	18.3758	22.999	21.322	20.381	21.863	20.557	19.94	19.247
4	17.4646	23.29	21.622	20.033	22.635	21.272	18.54	20.238
5	19.9852	22.662	23.628	21.154	21.299	22.854	21.064	21.263

6	23.4048	23.159	25.825	24.45	21.538	23.927	23.025	22.691
7	26.3379	24.859	26.061	25.08	24.37	25.453	24.641	25.743
8	26.8017	26.033	25.634	25.695	26.281	25.751	25.799	26.326
9	26.9805	26.947	26.576	26.645	26.946	26.636	26.622	26.674
10	27.0169	26.949	26.929	26.929	263939	26.889	26.889	26.848
11	27.0169	26.974	26.982	26.982	26.967	26.976	26.976	26.95
12	27.0169	27.032	27.032	27.032	26.977	26.975	26.975	27.008
13	27.0169	27.005	27.009	27.009	27.012	27.014	27.014	27.015
14	27.0169	27.017	27.017	27.017	27.019	27.017	27.017	27.017

ตารางที่ 4.6 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิด 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บล็อกรจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 3 ระดับ ส่วนที่ 2/3

Shift value	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$
	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$
	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$
1	19.379	18.702	20.025	19.439	20.462	18.368	19.394	18.717
2	19.24	18.408	20.88	19.728	20.316	19.041	19.256	18.421
3	18.305	18.314	22.351	20.764	20.365	19.346	18.317	18.387
4	18.298	17.445	22.832	21.365	19.026	20.378	18.315	17.53
5	20.17	19.873	22.14	23.103	21.072	21.501	20.254	19.991
6	22.21	23.386	22.113	23.94	23.312	22.816	22.51	23.379
7	24.731	26.307	23.7	24.636	23.984	24.962	24.572	25.701
8	25.794	26.131	26.339	26.66	25.739	26.943	26.205	26.227
9	26.69	26.681	27.809	27.175	26.751	27.539	27.232	26.868
10	26.848	26.875	27.533	27.102	27.104	27.103	27.101	27.079
11	26.95	26.965	27.069	27.076	27.082	27.046	27.046	27.057
12	27.008	27.008	27.062	27.066	27.066	27.046	27.046	27.045
13	27.015	27.015	27.017	27.018	27.018	27.02	27.02	27.023
14	27.017	27.017	27.018	27.017	27.017	27.017	27.017	27.017

ตารางที่ 4.7 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บล็อกรจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 3 ระดับ ส่วนที่ 3/3

Shift value	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$
	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$
	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$
1	18.077	18.733	18.266	17.149
2	18.314	18.146	18.144	17.132
3	18.856	18.206	17.32	17.102
4	19.922	18.229	17.373	17.102
5	20.899	20.022	19.813	19.238
6	21.733	21.394	22.995	21.815
7	24.399	23.971	25.081	25.145
8	27.066	26.443	26.35	26.751
9	27.568	27.277	26.927	26.967
10	27.099	27.098	27.071	27.017
11	27.037	27.037	27.051	27.034
12	27.018	27.018	27.017	27.017
13	27.019	27.019	27.017	27.017
14	27.019	27.019	27.017	27.017

ตารางที่ 4.8 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บล็อกรจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 4 ระดับ ส่วนที่ 1/2

Shift value	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$
	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$
	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$
	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$
1	19.995	19.289	20.117	18.353	18.978	18.398	17.995	18.718
2	20.743	19.688	20.298	18.906	19.237	18.379	18.178	18.128
3	21.846	20.55	19.944	19.244	18.302	18.312	18.774	18.188



4	22.835	21.287	19.009	20.257	18.291	17.455	19.87	18.233
5	21.739	22.942	21.06	21.441	20.245	19.886	20.759	19.962
6	21.817	23.883	23.189	22.742	22.494	23.368	21.689	21.391
7	23.613	24.509	23.673	24.85	24.345	25.53	24.372	23.799
8	25.693	25.855	25.15	26.205	25.55	25.593	26.35	25.799
9	27.529	26.886	26.484	27.25	26.947	26.595	27.25	26.968
10	27.388	26.965	26.97	26.949	26.949	26.929	26.933	26.939
11	27.043	27.016	27.055	26.974	26.974	26.982	26.967	26.967
12	27.017	27.02	27.02	27.032	27.032	27.032	26.977	26.977
13	27.008	27.01	27.01	27.005	27.005	27.009	27.012	27.012
14	27.018	27.017	27.017	27.017	27.017	27.017	27.019	27.019

ตารางที่ 4.9 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิด 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บรีกจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 4 ระดับ ส่วนที่ 2/2

Shift value	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$
	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$
	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$
	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$
1	18.153	17.118	17.975	18.734	18.17	17.139	16.897
2	17.667	17.099	18.171	18.147	17.74	17.11	16.904
3	17.303	17.011	18.848	18.201	17.32	17.101	16.827
4	17.367	17.097	19.928	18.237	17.388	17.105	16.961
5	19.817	19.244	21.11	20.024	19.822	19.234	18.98
6	22.927	21.757	21.869	21.923	22.983	21.83	21.416
7	25.011	25.115	23.52	23.245	24.323	24.886	24.146
8	25.722	26.069	26.575	26.198	26.134	26.778	26.898
9	26.633	26.669	27.922	27.811	27.178	27.539	27.732
10	26.889	26.848	27.538	27.533	27.102	27.103	27.099
11	26.976	26.95	27.063	27.069	27.076	27.046	27.037

12	26.975	27.008	27.062	27.062	27.066	27.046	27.018
13	27.014	27.015	27.017	27.017	27.018	27.02	27.019
14	27.017	27.017	27.018	27.018	27.017	27.017	27.019

ตารางที่ 4.10 การทดสอบจำนวนระดับความสนใจที่อัตราบิต 0.5 บิตต่อจุดภาพ โดยการเลือกโค้ด  
บรีกจากระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 5 ระดับ ส่วนที่ 1/1

Shift value	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_0}$	$C^{B_1}$
	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$	$C^{B_1}$	$C^{B_1}$	$C^{B_2}$
	$C^{B_2}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_2}$	$C^{B_3}$
	$C^{B_3}$	$C^{B_3}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$	$C^{B_4}$
	$C^{B_4}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$	$C^{B_5}$
1	17.867	18.253	16.875	17.093	17.697	16.874
2	18.147	18.128	16.342	17.094	17.317	16.883
3	18.77	18.176	16.29	17.066	17.305	16.824
4	19.916	18.22	16.889	17.092	17.371	16.99
5	20.971	20.017	18.96	19.237	19.809	19.105
6	21.749	21.709	21.373	21.785	22.958	21.484
7	23.43	23.147	24.133	24.81	24.208	23.87
8	25.928	25.609	26.244	26.108	25.499	26.163
9	27.64	27.535	27.416	27.249	26.893	27.87
10	27.381	27.388	26.933	26.949	26.965	27.538
11	27	27.043	26.967	26.974	27.016	27.063
12	27.017	27.017	26.977	27.032	27.02	27.062
13	27.008	27.008	27.012	27.005	27.01	27.017
14	27.018	27.018	27.019	27.017	27.017	27.018

แนวโน้มการเพิ่มของค่า PSNR เป็นดังนี้ เมื่อเพิ่มค่าชีพท์สูงขึ้นค่า PSNR จะสูงขึ้น  
ในการถอดรหัสที่อัตราบิตคงที่ค่าหนึ่ง วิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญสามารถปรับระดับความ  
สนใจได้ 13 ระดับ คือปรับค่าชีพท์จาก 1 ถึง 14 เพราะจำนวนระนาบบิตมีเพียง 14 ระนาบ ถ้าค่า

ชีพท์ที่ใช้เป็น 14 วิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญจะกลายเป็นแมกซ์ชีพท์ แต่ค่าชีพท์ที่เพิ่มขึ้นก็จะไปอิมตัวที่วิธีแมกซ์ชีพท์ซึ่งเป็นระดับเพดานของค่า PSNR เนื่องจากใช้ระดับการแปลงเวฟเลต 5 ระดับทำให้มีระดับความละเอียดแบนด์ย่อยทั้งหมด 6 ระดับความละเอียด การเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อยสามารถเลือกอย่างอิสระต่อกันอีกระดับความละเอียดละ 2 วิธี ได้เป็น  $2^6 - 1 = 63$  วิธี ไม่นับวิธีที่เลือกทุกโค้ดบล็อกเนื่องจากเป็นวิธีแมกซ์ชีพท์ การเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อย จำนวนระดับความละเอียดที่สามารถปรับได้จะเพิ่มขึ้นเป็น  $63 \times 13 = 819$  ระดับ

#### 4.2.3 การเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจหลายบริเวณ

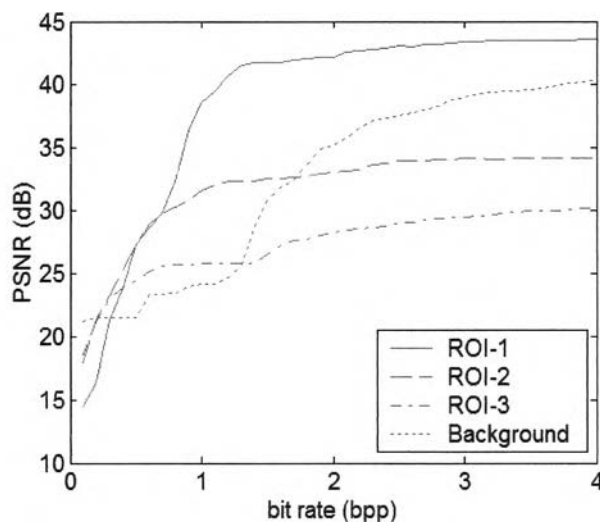
ใช้ภาพทดสอบจากลำดับภาพวิดีโอทัศน์ News โดยกำหนดบริเวณที่สนใจ 3 บริเวณ มีลำดับความสนใจให้กับแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน เรียงตามลำดับความสำคัญจากบริเวณที่สนใจหนึ่งถึงบริเวณที่สนใจสามจากมากไปน้อย บริเวณแรก (ROI-1) กำหนดที่ตัวอักษร MPEG4 WORLD บริเวณที่สอง (ROI-2) ที่ใบหน้าของนักอ่านข่าวผู้หญิง และบริเวณที่สาม (ROI-3) ที่ใบหน้าของนักอ่านข่าวผู้ชายดังรูปที่ 4.3 การถอดรหัสเริ่มจากอัตราบิต 0.1 บิตต่อจุดภาพไปจนถึง 4 บิตต่อจุดภาพ ค่าชีพท์ที่กำหนดให้กับบริเวณที่สนใจคือ  $s_1, s_2$  และ  $s_3$  ตามลำดับ โดยค่าชีพท์ที่ใช้มีความสัมพันธ์เป็น  $s_1 - 2 = s_2 = s_3 + 2$  ค่าชีพท์ที่ใช้คือ  $s_1 = 11, s_2 = 9$  และ  $s_3 = 7$



รูปที่ 4.3 ภาพทดสอบ News และบริเวณที่สนใจ

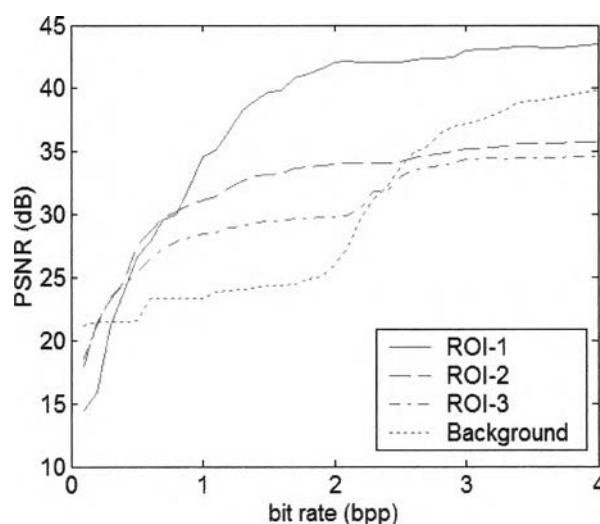
เมื่อมีการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจโดยกำหนดระดับความสนใจหลายระดับ วิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ ที่อัตราบิตปานกลางถึงสูงอาจมีคุณภาพของพื้นหลังสูงกว่าที่

บริเวณที่สนใจ ค่า PSNR ที่ได้จากการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญโดยกำหนดค่าชีพท์เท่ากับ 11 แสดงในรูปที่ 4.4 หมายถึงจำนวนระนาบบิตสูงสุดเท่ากับ 14 ระนาบ



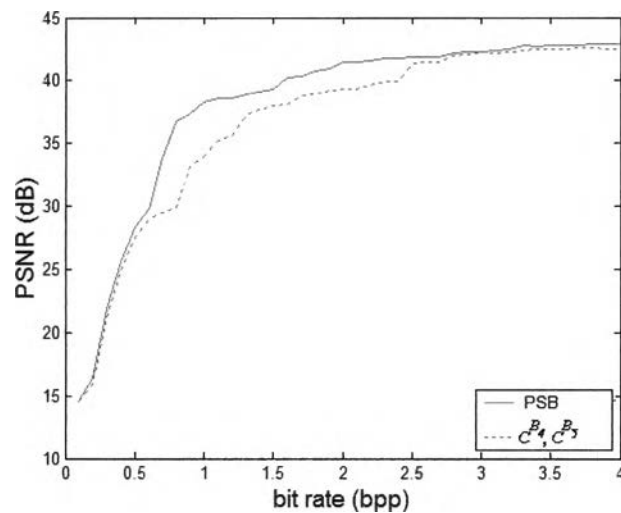
รูปที่ 4.4 ค่า PSNR จากวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ  $s = 11$

ทำการทดลองกับวิธีที่นำเสนอโดยการเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อย  $C^{B_4}$  และ  $C^{B_5}$  ใช้การเลื่อนแบบแมกซ์ชีพท์ ผลที่ได้ค่า PSNR ของบริเวณที่สนใจทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่สนใจสอง และสาม ทำให้ค่า PSNR ที่อัตราบิตช่วง 0.8 บิตต่อจุดภาพขึ้นไปของทั้งสองบริเวณนี้เพิ่มขึ้น ค่า PSNR ที่ได้จากวิธีที่นำเสนอแสดงในรูปที่ 4.5

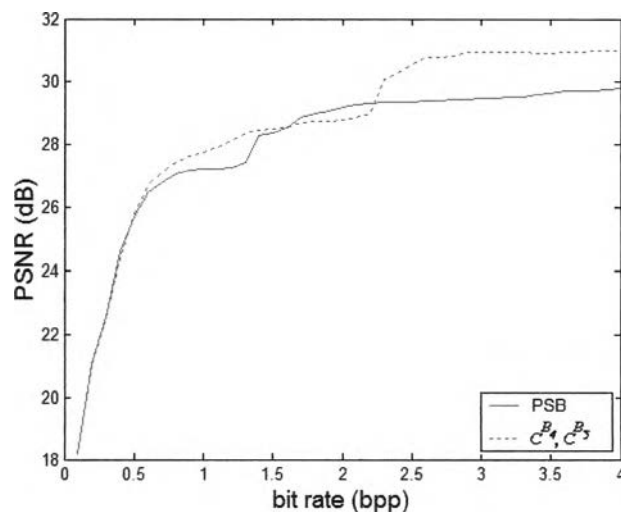


รูปที่ 4.5 ค่า PSNR จากวิธีที่นำเสนอเลือก  $C^{B_4}$  และ  $C^{B_5}$

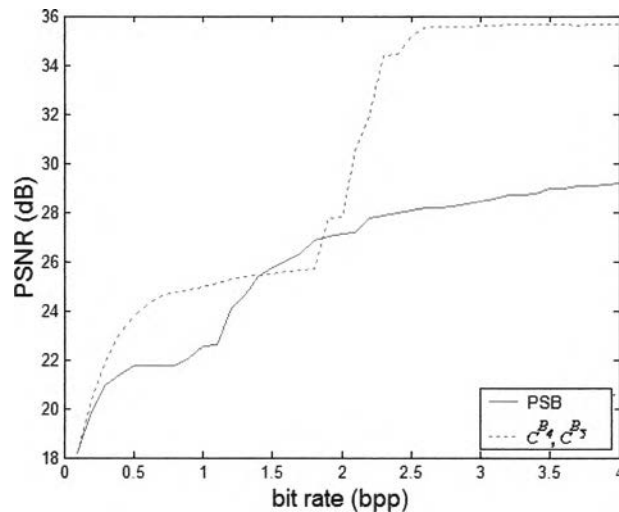
จากการเลือกโค้ดบล็อกรองระดับความละเอียดแบนด์ย่อยเพื่อปรับคุณภาพให้กับบริเวณที่สนใจเพิ่มขึ้น บริเวณที่สนใจที่ลำดับความสำคัญต่ำในตอนแรกจะมีคุณภาพสูงขึ้นมากกว่าบริเวณที่ลำดับความสำคัญสูงกว่า เนื่องจากเส้น โค้งอัตรา-ความเพี้ยนในบริเวณที่สนใจที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าเข้าใกล้จุดอิมิตัวมากกว่าของบริเวณที่สนใจที่ลำดับความสำคัญต่ำกว่าทำให้ค่า PSNR ที่เพิ่มขึ้นในบริเวณที่สนใจสามมากกว่าในบริเวณที่สนใจสอง และค่า PSNR ที่เพิ่มขึ้นในบริเวณที่สนใจสองเพิ่มขึ้นมากกว่าในบริเวณที่สนใจหนึ่ง แต่บริเวณที่สนใจทั้งสามบริเวณก็ยังคงมีระดับความสนใจไม่เท่ากัน โดยลำดับความสำคัญให้กับบริเวณที่สนใจตามลำดับเช่นเดิม



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบผลการทดสอบในบริเวณที่สนใจหนึ่ง



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบผลการทดสอบในบริเวณที่สนใจสอง



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบผลการทดสอบในบริเวณที่สนใจสาม

แต่ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าบริเวณที่สนใจหนึ่งมีค่า PSNR ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเลื่อนระนาบิตส่วนสำคัญ เนื่องจากปริมาณบิตที่จ่ายให้กับบริเวณที่สนใจหนึ่งเริ่มลดลงที่อัตราบิตประมาณ 0.5 บิตต่อจุดภาพ เพราะการเลือกโค้ดบล็อกที่ระดับแบนด์ย่อยให้เข้ารหัสด้วยแมกซ์ซีฟท์ทำให้ปริมาณบิตที่เข้ารหัสในบริเวณที่สนใจหนึ่งในระดับความละเอียดแบนด์ย่อย  $C^{B_0}, C^{B_1}, C^{B_3}$  และ  $C^{B_4}$  ที่ไม่ได้ถูกเลือก ให้เข้ารหัสแบบแมกซ์ซีฟท์ถูกแบ่งไปให้กับระนาบิตนัยสำคัญน้อยของบริเวณที่สนใจหนึ่งที่อยู่ในระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่เลือก  $C^{B_4}$  และ  $C^{B_5}$

ตัวอย่างการเปรียบเทียบผลจากวิธีที่นำเสนอกับวิธีการเลื่อนระนาบิตส่วนสำคัญ ผลการถอดรหัสภาพสร้างกลับเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ แสดงในรูปที่ 4.6 รูปที่ 4.6 ก. เปรียบเทียบบริเวณที่สนใจหนึ่ง รูปที่ 4.6 ข. เปรียบเทียบบริเวณที่สนใจสอง และรูปที่ 4.6 ค. เปรียบเทียบบริเวณที่สนใจสาม โดยรูปทางซ้ายเป็นผลจากวิธีการเลื่อนระนาบิตส่วนสำคัญ รูปตรงกลางเป็นรูปจากภาพต้นฉบับ และรูปทางขวาเป็นผลจากวิธีที่นำเสนอเลือก  $C^{B_4}$  และ  $C^{B_5}$  ซึ่งภาพทางซ้ายและขวาเป็นภาพที่ถอดรหัสที่อัตราบิต 1 บิตต่อจุดภาพ ในบริเวณที่สนใจหนึ่ง และสอง สังเกตความแตกต่างของผลที่ได้ค่อนข้างลำบาก แต่สำหรับบริเวณที่สามสามารถสังเกตเห็นว่าผลที่ได้จากวิธีที่นำเสนอมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากกว่าวิธีการเลื่อนระนาบิตส่วนสำคัญ



ก. บริเวณที่สนใจหนึ่ง ROI-1



ข. บริเวณที่สนใจสอง ROI-2



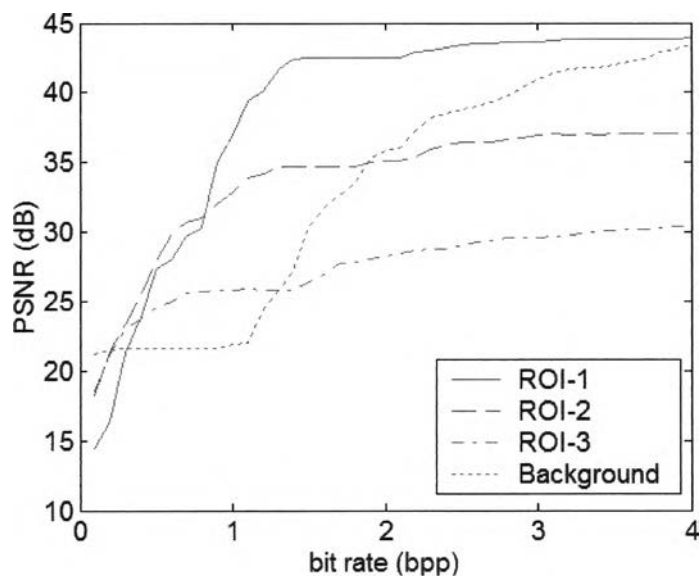
ค. บริเวณที่สนใจสาม ROI-3

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพที่ได้จากการถอดรหัสที่อัตราบิต 1 บิตต่อจุดภาพ

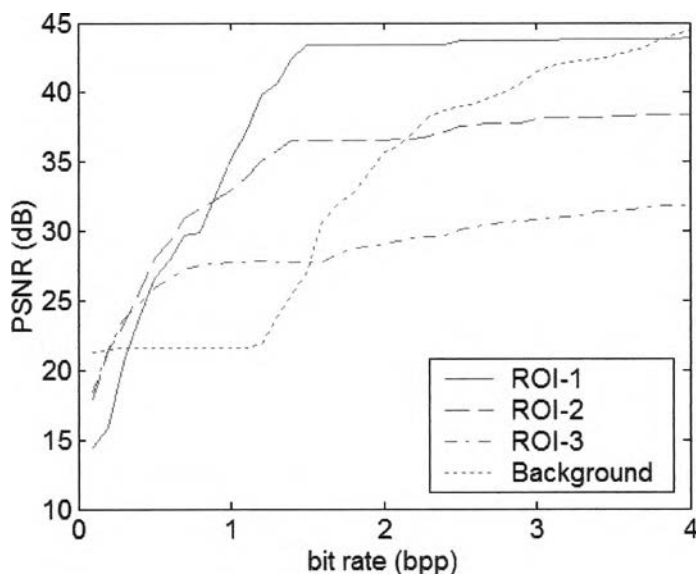
#### 4.2.4 ข้อจำกัดของวิธีที่นำเสนอ

วิธีที่นำเสนอเป็นการรวมวิธีการเลื่อนระนาบบิตเข้าด้วยกัน แต่ในโค้ดบล็อกเดียวกันไม่สามารถนำมารวมกันได้ หากมีการกำหนดบริเวณที่สนใจหลายบริเวณ ซึ่งกำหนดระดับความสนใจไว้ไม่เท่ากัน การเลือกโค้ดบล็อกที่ใช้แมกซ์ซีฟท์จะไม่สามารถเน้นระดับความสนใจให้กับบริเวณที่สนใจ บริเวณใดบริเวณหนึ่งอย่างอิสระต่อกันได้

ในการทดสอบวิธีที่นำเสนอใช้ภาพทดสอบ News โดยเน้นบริเวณที่สนใจเพิ่มโดยเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อยตามเซตดังนี้  $\{C^{B_0}\}$ ,  $\{C^{B_0}, C^{B_1}\}$ ,  $\{C^{B_0}, C^{B_1}, C^{B_2}\}$  และใช้ค่าชิพท์  $s = 11$  ค่า PSNR ที่ได้จากการทดสอบในวิธีที่นำเสนอแสดงในรูปที่ 4.7-4.9

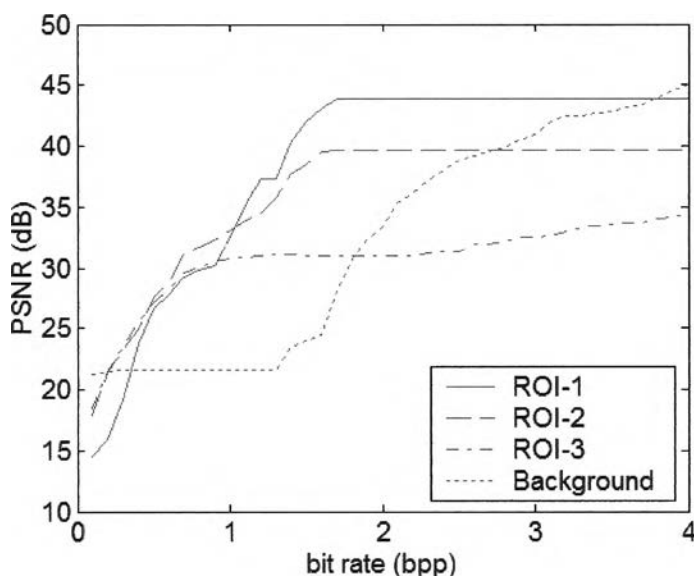


รูปที่ 4.10 วิธีที่นำเสนอ  $C^{B_0}$



รูปที่ 4.11 วิธีที่นำเสนอ  $C^{B_0}, C^{B_1}$





รูปที่ 4.12 วิธีที่นำเสนอ  $C^{B_0}, C^{B_1}, C^{B_2}$

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการรวมวิธีการเลือกระดับบิตส่วนสำคัญกับวิธีแมกซ์ซีฟท์ เพิ่มความสามารถในการปรับระดับความสนใจ และใช้ในการชดเชยคุณภาพของบริเวณที่สนใจจากการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจหลายบริเวณแบบมีระดับความสนใจไม่เท่ากันซึ่งบริเวณที่สนใจสามหรือสอง มีคุณภาพน้อยไปโดยยังคงรักษาลักษณะที่ไม่ต้องส่งมาส์เอาไว้

การปรับระดับความสนใจโดยการเลือกโค้ดบิตจากระดับความละเอียดแบนด์ช่วยลดช่วยให้การปรับค่า PSNR เพิ่มขึ้นเป็นระดับอย่างหยาบ และการปรับค่าซีฟท์ช่วยให้ค่า PSNR เพิ่มขึ้นเป็นระดับอย่างละเอียด แต่เนื่องจากโค้ดบิตที่เลือกให้ทำการเข้ารหัสแบบแมกซ์ซีฟท์ส่งผลให้ระดับคุณภาพของบริเวณที่สนใจหนึ่งลดลง