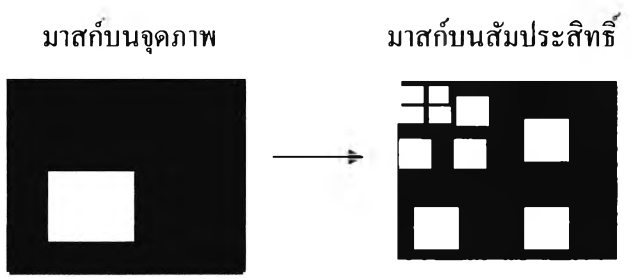
บทที่ 3

วิธีที่นำเสนอ

ในบทนี้จะกล่าวถึงปัญหาจากการส่งมาสก์ คุณสมบัติของแต่ละระเบียบวิธีการเลื่อนระนาบบิต รวมถึงเหตุผลในการตัดสินใจเลือกระเบียบวิธีที่จะนำมาใช้ และอธิบายถึงวิธีการรวมระเบียบวิธีเลื่อนระนาบบิต

3.1 การถ่ายแบบมาสก์บริเวณที่สนใจ (ROI Mask Mapping)

บริเวณที่สนใจที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นจะสร้างเป็นมาสก์มาวางบนภาพ สำหรับจุดภาพที่อยู่ในมาสก์จะเป็นบริเวณที่สนใจ และจุดภาพที่อยู่นอกมาสก์จะเป็นพื้นหลัง ที่โดเมนสัมประสิทธิ์นั้น มาสก์บนจุดภาพจะต้องทำการถ่ายแบบไปยังแต่ละแบนด์ย่อยภายหลังการแปลงดังรูปที่ 3.1 ที่มีการแปลงเวฟเลต 3 ระดับ มาสก์บนแบนด์ย่อยที่ระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่เล็กลงจะมีการขยายของมาสก์กินบริเวณมากขึ้น ทำให้บริเวณพื้นหลังส่วนที่อยู่ชิดกับขอบของบริเวณที่สนใจกลายเป็นบริเวณที่สนใจ พื้นที่สีขาวเป็นมาสก์ที่ใช้แทนบริเวณที่สนใจ และพื้นที่สีดำเป็นพื้นหลัง



รูปที่ 3.1 การถ่ายแบบมาสก์ไปยังแต่ละแบนด์ย่อย

การถ่ายแบบมาสก์ไปยังแต่ละแบนด์ย่อยเกิดการขยายของมาสก์ขึ้นในแต่ละแบนด์ย่อย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจต่อไป [3]

3.2 คุณสมบัติของแต่ละระเบียบวิธี

การเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจของระเบียบวิธีการเลื่อนระนาบบิตจากมาตรฐานและระเบียบวิธีจากงานวิจัยก่อนหน้า สรุปคุณสมบัติได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งจะใช้ร่วมในการพิจารณาเกี่ยวกับการเลือกระเบียบวิธีที่นำมาใช้ในวิธีที่นำเสนอ

ตารางที่ 3.1คุณสมบัติของแต่ละระเบียบวิธี

ระเบียบวิธี	ระนาบบิตที่เพิ่ม (ระนาบ)	จำนวนระดับความสนใจ (ระดับ)	รูปร่างของบริเวณที่สนใจ	ตัวเข้ารหัสส่งบริเวณที่สนใจให้ตัวถอดรหัส	ตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส
General Shift	น้อยกว่า $\max(M_b)$	$\max(M_b)-1$	สี่เหลี่ยม/วงรี	ต้องส่ง	-
Maxshift	$\max(M_b)$	1	รูปร่างใด ๆ	ไม่ต้องส่ง	-
BbBShift	$\max(M_b)$	$\max(M_b)-1$	รูปร่างใด ๆ	ไม่ต้องส่ง	ปรับปรุง
GBbBShift	$\max(M_b)$	$\max(M_b)-1$	รูปร่างใด ๆ	ไม่ต้องส่ง	ปรับปรุง
PSBShift	น้อยกว่า $\max(M_b)$	$\max(M_b)$	รูปร่างใด ๆ	ไม่ต้องส่ง	ปรับปรุง

- ระนาบบิตที่เพิ่มหมายถึงหลังจากทำการเลื่อนระนาบบิตแล้ว จำนวนระนาบบิตทั้งหมดในโค้ดบล็อกจะเพิ่มขึ้น แม้ว่าระนาบบิตของสัมประสิทธิ์เพิ่มขึ้น แต่ระนาบบิตที่เพิ่มขึ้นมาจะมีค่าเป็น 0 ทั้งหมด ทำให้ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการบีบอัดข้อมูลมากนัก เนื่องจากมีการเข้ารหัสเอนโทรปีในตอนท้าย

- จำนวนระดับความสนใจหมายถึงความสามารถในการกำหนดระดับความสนใจให้กับบริเวณที่สนใจ

- รูปร่างของบริเวณที่สนใจหรือมาสก์ (Mask) ของบริเวณที่สนใจ การเลื่อนระนาบบิตทำให้ค่าสัมประสิทธิ์มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อตัวถอดรหัสทำการถอดรหัสสายบิตแล้ว จะต้องทำการเลื่อนระนาบบิตกลับให้สัมประสิทธิ์มีค่าเท่าเดิมก่อนจึงจะสามารถทำการแปลงผกผัน ถ้าตัวถอดรหัสไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าสัมประสิทธิ์ใดเป็นสัมประสิทธิ์ที่มาจากการเลื่อนระนาบบิต ตัวเข้ารหัสจะต้องส่งรูปร่างของบริเวณที่สนใจไปด้วย

- ตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัสหมายถึงมีการปรับแต่งในกระบวนการเลื่อนระนาบบิตทั้งตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส

3.3 การวิเคราะห์แต่ละระเบียบวิธี

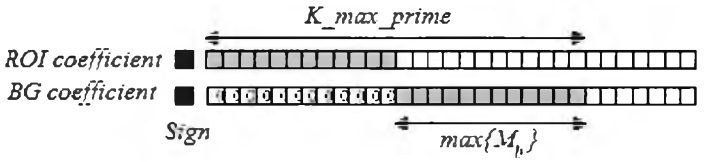
จากวัตถุประสงค์แรกเริ่มในวิทยานิพนธ์นี้ต้องการให้การเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจมีคุณสมบัติที่สามารถกำหนดบริเวณที่สนใจได้หลายบริเวณและลำดับความสนใจให้กับบริเวณที่สนใจได้

3.3.1 ระเบียบวิธีเจเนรัลชิฟท์

เจเนรัลชิฟท์เป็นวิธีที่ต้องส่งมาสก์บริเวณที่สนใจไปให้ตัวถอดรหัส หากต้องการเข้ารหัสให้มีบริเวณที่สนใจเป็นรูปร่างใด ๆ ซึ่งมาตรฐาน JPEG2000 ไม่ได้กำหนดวิธีในการส่งมาสก์ที่เป็นรูปร่างใด ๆ แต่การส่งมาสก์นี้ต้องใช้บิตข้อมูลค่อนข้างมาก นับว่าเป็นส่วนที่ทำให้ประสิทธิภาพในการบีบอัดลดลงอย่างมากอีกทั้งยังเพิ่มซับซ้อนในการทำงานของตัวถอดรหัส มาตรฐานจึงได้กำหนดมาสก์รูปเรขาคณิตที่ใช้พารามิเตอร์จำนวนไม่กี่ตัวแทน แล้วทำการคำนวณหามาสก์จากพารามิเตอร์ ตัวเข้ารหัสจะต้องส่งพารามิเตอร์เหล่านี้ไปให้ตัวถอดรหัส มาสก์รูปเรขาคณิตที่กำหนดไว้มีเพียง 2 รูปแบบคือ สี่เหลี่ยม และวงรี พารามิเตอร์สำหรับรูปทรงสี่เหลี่ยมกำหนดจากพิกัด 2 จุด คือมุมบนซ้ายของบริเวณที่สนใจ และมุมล่างขวาของบริเวณที่สนใจ และพารามิเตอร์สำหรับรูปทรงวงรีกำหนดจากค่าจุดกำเนิดและค่ารัศมีของแนวแกนนอน และแกนตั้ง ตัวถอดรหัสจะต้องคำนวณมาสก์บนแต่ละแบนด์ย่อย [3] ถ้าสัมประสิทธิ์ใดอยู่ในมาสก์จะเป็นสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจ

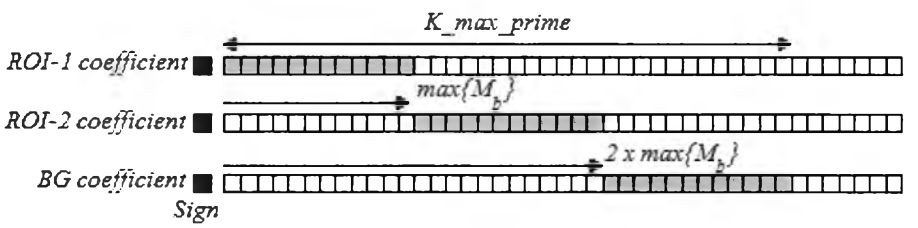
3.3.2 ระเบียบวิธีแมกซ์ชิฟท์

แมกซ์ชิฟท์เป็นวิธีที่เลื่อนระนาบบิตโดยให้สัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจกับสัมประสิทธิ์พื้นหลังแยกชั้นกันอย่างชัดเจน ข้อดีของวิธีนี้คือตัวเข้ารหัสไม่จำเป็นต้องส่งมาสก์ให้กับตัวถอดรหัส เพราะสัมประสิทธิ์แยกชั้นกันอยู่แล้ว ตัวถอดรหัสสามารถเลื่อนระนาบบิตกลับเท่ากับค่าระนาบบิตสูงสุด โดยพิจารณาได้จากจำนวนระนาบบิตสูงสุดหลังการเลื่อน *K_max_prime* เปรียบเทียบกับจำนวนระนาบบิตสูงสุดก่อนการเลื่อน ดังรูปที่ 3.2 ทำให้วิธีแมกซ์ชิฟท์ไม่จำเป็นต้องส่งพารามิเตอร์ใด ๆ ให้กับตัวถอดรหัส แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้อยู่ที่ว่าหากไม่ทำการเลื่อนระนาบบิตให้มากพอจะไม่สามารถแยกสัมประสิทธิ์ออกจากกันได้ ทำให้กำหนดระดับความสนใจได้เพียง 1 ระดับเท่านั้น



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบจำนวนระนาบิตสูงสุดก่อนกับหลังการเลื่อน

สำหรับการกำหนดบริเวณที่สนใจหลายบริเวณให้มีระดับความสนใจแตกต่างกัน จำนวนระนาบบิตที่เพิ่มขึ้นจะไม่ใช่ $\max(M_b)$ แต่จะเป็น $n \cdot \max\{M_b\}$ เมื่อ n คือจำนวนบริเวณที่สนใจ ดังรูปที่ 3.3 กำหนดบริเวณที่สนใจไว้สองบริเวณ แม้ว่าจำนวนระนาบบิตที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลเล็กน้อย แต่ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ในการประมวลผลเพิ่มขึ้นอีกหลายเท่า



รูปที่ 3.3 แมกซ์ชิฟท์ที่กำหนดบริเวณที่สนใจมีระดับความสนใจแตกต่างกัน

3.3.3 การเลื่อนระนาบบิตระนาบต่อระนาบและการเลื่อนระนาบบิตระนาบต่อระนาบแบบนัยทั่วไป

ทั้งสองวิธีเลี่ยงความจำเป็นในการส่งมาสก์ของตัวเข้ารหัสเหมือนกับแมกซ์ชิฟท์ภายหลังการเลื่อนระนาบบิตแล้ว สัมประสิทธิ์พื้นหลัง กับสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจจะแยกชั้นกัน สัมประสิทธิ์จะถูกกำหนดให้อยู่ในระนาบบิตตามการคำนวณ ด้วยพารามิเตอร์ 2 ค่า s_1 กับ s_2 ตัวเข้ารหัสจะส่งเพียงพารามิเตอร์ 1 ค่านี้ไปให้ตัวถอดรหัสเนื่องจากสามารถคำนวณหาค่า s_2 จาก s_1 ได้ ทั้งสองวิธีนี้สามารถปรับระดับความสนใจให้กับบริเวณที่สนใจได้จากการกำหนดค่า s_1 สำหรับการกำหนดบริเวณที่สนใจหลายบริเวณให้มีระดับความสนใจแตกต่างกัน ประสบปัญหาเดียวกันกับวิธีแมกซ์ชิฟท์คือขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ประมวลผลเพิ่มขึ้น

3.3.4 ระเบียบวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ

วิธีนี้เลี่ยงความจำเป็นในการส่งมาสก์ของตัวเข้ารหัสเช่นกัน โดยการแตกสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเรียกว่าส่วนสำคัญเนื่องจากเป็นระนาบบิตส่วนที่มีนัยสำคัญสูง อีกส่วนเรียกว่าส่วนที่เหลือ ระนาบบิตส่วนสำคัญจะไม่ถูกเลื่อน แต่ระนาบบิต

ส่วนที่เหลือจะเลื่อนไปตามค่าชิฟท์ (Shift Value) s เท่ากับสัมประสิทธิ์พื้นหลัง ตัวเข้ารหัสไม่จำเป็นต้องส่งพารามิเตอร์ค่าชิฟท์ไปให้ตัวถอดรหัส เนื่องจากค่าชิฟท์หาได้จากการเปรียบเทียบจำนวนระนาบบิตก่อนและหลังการเลื่อนเหมือนกับวิธีแมกซ์ชิฟท์ตัวถอดรหัสจะสามารถแยกแยะสัมประสิทธิ์พื้นหลังกับสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจได้จากช่วงระนาบบิตส่วนสำคัญ สำหรับการกำหนดบริเวณที่สนใจหลายบริเวณให้มีระดับความสนใจแตกต่างกัน ก็ไม่มีปัญหาจำนวนระนาบบิตที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพราะสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจกับสัมประสิทธิ์พื้นหลังสามารถอยู่ในระนาบเดียวกัน

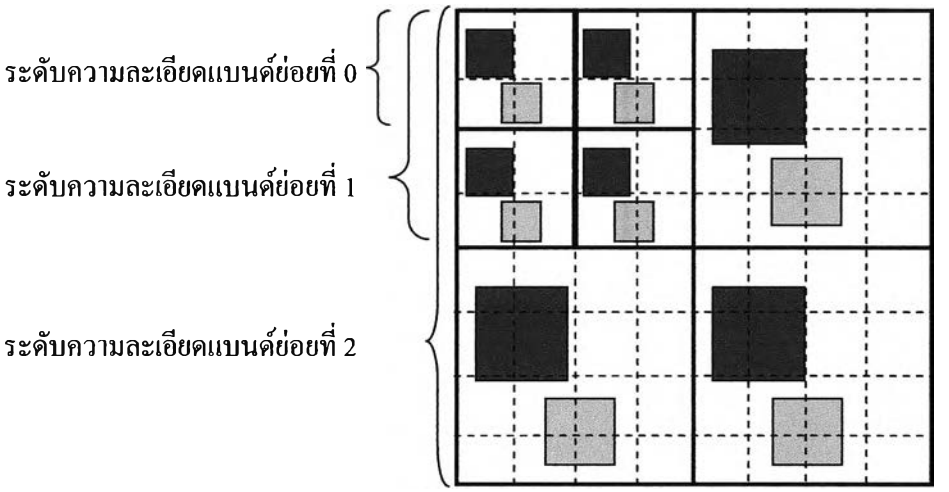
วิธีเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจหลายบริเวณ แต่คุณภาพของบริเวณพื้นหลังก็อาจสูงกว่าบริเวณที่สนใจที่เน้นความสนใจน้อยเมื่อพิจารณาวิธีแมกซ์ชิฟท์ ซึ่งให้คุณภาพแก่บริเวณที่สนใจอย่างเต็มที่ การนำมาใช้ร่วมกับวิธีเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญจะเป็นส่วนเติมเต็มให้กับการปรับคุณภาพให้บริเวณที่สนใจได้ดียิ่งขึ้น

3.3.5 การรวมทั้ง 2 วิธีเข้าด้วยกัน

การรวมวิธีแมกซ์ชิฟท์กับวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญนี้ ตัวเข้ารหัสสามารถทำการเลื่อนระนาบบิตให้กับสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจเหมือนปกติ แต่มีปัญหาในตัวถอดรหัสเล็กน้อย ปัญหาในการรวมวิธีการเลื่อนระนาบบิตอยู่ที่ว่าแต่ละวิธีเมื่อเลื่อนระนาบบิตแล้วค่าสัมประสิทธิ์จะเปลี่ยนไม่เหมือนกัน ตัวถอดรหัสต้องทำการเลื่อนระนาบบิตกลับให้สัมประสิทธิ์อย่างถูกต้องจึงจะสามารถถอดรหัสได้

การเลื่อนระนาบบิตกลับอย่างถูกต้องจำเป็นที่จะต้องแยกวิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญกับแมกซ์ชิฟท์ออกจากกัน การแยกออกจากกันทางโค้ดบล็อกเป็นวิธีที่ตัวถอดรหัสสามารถเลื่อนระนาบบิตกลับได้อย่างถูกต้อง วิธีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้คือกำหนดให้วิธีการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญเป็นพื้นฐานแล้วทำการเลือกโค้ดบล็อกที่จะเข้ารหัสด้วยแมกซ์ชิฟท์ เมื่อมีการกำหนดวิธีการเลื่อนระนาบบิตในแต่ละโค้ดบล็อก ตัวถอดรหัสจะสามารถเลื่อนระนาบบิตกลับได้อย่างถูกต้อง แต่การเลือกโค้ดบล็อกที่จะทำการเลื่อนระนาบบิตยากต่อการพิจารณาสัมประสิทธิ์เนื่องจากสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจเดียวกันอาจถูกแยกออกไปคนละโค้ดบล็อก ดังรูปที่ 3.4 ถ้าการเลือกโค้ดบล็อกที่มีบริเวณที่สนใจเดียวกันและในแบนด์ย่อยนั้นถูกแยกออกจากกัน จะทำให้คุณภาพภายในบริเวณที่สนใจเกิดความแตกต่างกัน ดังนั้นการเลื่อนระนาบบิตของสัมประสิทธิ์บริเวณที่สนใจต้องเลื่อนด้วยวิธีเดียวกันและค่าชิฟท์เหมือนกัน เนื่องจากการแปลงเวฟเลตเป็นการแปลงแบบแบนด์ย่อย จากนั้นแบ่งแบนด์ย่อยออกเป็นโค้ดบล็อก ก่อนที่จะทำการแบ่งบริเวณที่

สนใจจะยังไม่ถูกแยกออกจากกัน ดังนั้นหากทำการเลือกทั้งแบนด์ย่อยก็จะไม่เกิดปัญหาคุณภาพภายในบริเวณที่สนใจเดียวกันไม่เท่ากัน



รูปที่ 3.4 สัมประสิทธิ์ของบริเวณที่สนใจถูกแยกออกไปคนละโค้ดบล็อก

3.4 ระดับความละเอียดแบนด์ย่อย

การเลือกโค้ดบล็อกที่ใช้การเลื่อนแบบแมกซ์ชิฟท์ จากระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่ n แทนด้วยสัญลักษณ์ C^{Bn} พารามิเตอร์การเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อยนี้เป็นส่วนที่บอกค่าควรจะเป็นแมกซ์ชิฟท์ (Maxshift Likelihood) ถ้ามีการเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อยมาก ผลของการเลื่อนระนาบบิตจะเข้าใกล้วิธีแมกซ์ชิฟท์ แต่ถ้ามีการเลือกน้อยผลของการเลื่อนระนาบบิตจะเข้าใกล้การเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญ ระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่เลือกได้จะมีจำนวนตามระดับการแปลงเวฟเลต การแปลงเวฟเลต 1 รอบจะได้แบนด์ย่อยมา 4 แบนด์ย่อย ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 ระดับความละเอียด และการแปลงเวฟเลตรอบถัดไปจะนำเฉพาะแบนด์ย่อยความถี่ต่ำมาทำการแปลงต่อซึ่งแบนด์ย่อยนี้จะแบ่งได้อีก 2 ระดับความละเอียด ดังนั้นการแปลงเวฟเลตจำนวน n รอบจะได้ระดับความละเอียดของแบนด์ย่อยเท่ากับ $n+1$ ระดับ ระดับความละเอียดแบนด์ย่อยนับจาก 0 ถึง n ดังรูปที่ 3.4 ใช้การแปลงเวฟเลต 2 ครั้ง ได้ระดับความละเอียดแบนด์ย่อย 3 ระดับ

3.4.1 ผลกระทบจากการขยายของมาสก์บนแบนด์ย่อย

ในแบนด์ย่อยที่ระดับความละเอียดต่ำ มีการขยายของมาสก์ที่ครอบบริเวณที่สนใจมากขึ้นทำให้พื้นหลังกลายเป็นส่วนที่สนใจ การเลือกโค้ดบล็อกที่จะเข้ารหัสแบบแมกซ์ชิฟท์จาก

แบนด์ย่อยที่อยู่ในระดับความละเอียดต่ำ จะทำให้ส่วนของพื้นหลังที่อยู่ในมาสก์ได้รับการเน้นความสนใจอย่างเต็มที่ แม้ว่าจะมีจำนวนสัมประสิทธิ์ไม่มากแต่ก็มากพอที่จะลดประสิทธิภาพของการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจได้

3.5 จำนวนระดับความสนใจที่เพิ่มขึ้น

หลังจากนำการเลื่อนแมกซ์ชิฟท์มาใช้ร่วมกับการเลื่อนระนาบบิตส่วนสำคัญแล้ว ทำให้วิธีที่นำเสนอมีลักษณะเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างคือ สามารถเข้ารหัสโดยมีจำนวนระดับความสนใจของบริเวณที่สนใจเพิ่มขึ้น โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมระดับความสนใจเป็น 2 ตัวคือ ค่าชิฟท์ s และระดับความละเอียดแบนด์ย่อยที่เลือก C^{Bn} ซึ่งค่าชิฟท์หนึ่งค่าสามารถเลือกระดับความละเอียดแบนด์ย่อยได้อีก $2^{n+1}-1$ ระดับ ค่า n คือจำนวนการแปลงเวฟเลต และลบหนึ่งคือตัดการเลือกโค้ดบล็อกทั้งหมดให้เข้ารหัสแบบแมกซ์ชิฟท์ เพราะการเลือกโค้ดบล็อกทั้งหมดจะกลายเป็นการเข้ารหัสเน้นบริเวณที่สนใจแบบแมกซ์ชิฟท์ ดังนั้นจำนวนระดับความสนใจที่เพิ่มขึ้นเป็น $\left(\max(M_b)-1\right)\times\left(2^{n+1}-1\right)$ ระดับ