บทที่ 2
หลักการทฤษฎี และขั้นตอนวิธีการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งประกอบด้วย การเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ การสื่อสารบนเครือข่ายไร้สายและการควบคุมความผิดพลาด

2.1 การเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ

ตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 80 ได้มีความต้องการบริการต่างๆ ทางการสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์ ซึ่งในสมัยนั้นยังมีขนาดช่องสัญญาณต่ำ สำหรับภาพนิ่งได้มีการกำหนดมาตรฐานที่ใช้การเข้ารหัสที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในช่วงกลางทศวรรษที่ 80 เรียกว่า JPEG (Joint Photographic Experts Group) การเข้ารหัสแบบ JPEG นั้นไม่มีขั้นตอนใดที่มีความเกี่ยวเนื่องกับเวลา นั่นคือสัญญาณภาพไม่ขึ้นกับเวลา ดังนั้นการจะนำมาตรฐานนี้มาประยุกต์ใช้กับสัญญาณภาพเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเวลา ยกตัวอย่างเช่น M-JPEG (Moving JPEG) จึงทำได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร มาตรฐานการส่งข้อมูลที่เป็นภาพเคลื่อนไหวหรือวิดีโอได้ถือกำเนิดขึ้นเพื่อรองรับบริการดังกล่าว

ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications) หรือบางครั้งเรียกว่า CCITT (Consultative Committee for International Telephone and Telegraphy) ได้กำหนดมาตรฐานการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวเรียกว่า มาตรฐานตระกูล H ซึ่งได้รับการออกแบบมาสำหรับใช้กับการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอที่อยู่บนพื้นฐานของ DCT (Discrete Cosine Transform) และรหัสปรับเปลี่ยนความยาวได้ (Variable Length Coding, VLC) ยกตัวอย่างเช่น การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding) เหมือนกับที่ใช้ในมาตรฐาน JPEG สิ่งที่แตกต่างกันก็คือ ในมาตรฐานตระกูล H นี้มีการใช้ระเบียบวิธีการประมาณและชดเชยการเคลื่อนไหวของภาพ (Motion Estimation and Motion Compensation) เพื่อลดขนาดของข้อมูลลงอีกทั้งชดเชยส่วนต่างทางเวลาของสัญญาณวิดีโออีกด้วย

มาตรฐานตระกูลนี้ที่จะกล่าวถึงเป็นตัวแรก คือ H.261 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการรองรับบริการที่อัตราบิต p x 64 Kbps เมื่อ p จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 30 ซึ่งก็คือ การประชุมแบบวิดีโอ (Video Conference) หรือโทรศัพท์วิดีโอ (Video Phone) ตามมาตรฐาน H.261 จะสามารถเข้ารหัสได้ในแบบเวลาจริง (Real Time) ภายใต้เงื่อนไขการประวิงเวลาที่ยอมรับได้ และยังสามารถบีบอัดสัญญาณภาพเคลื่อนไหวได้ทั้งในเชิงเวลาหรือเชิงพื้นที่ โดยใช้การเข้ารหัสแบบบล็อกขนาด 8 x 8 บนพื้นฐานของ DCT และการทดแทนการเคลื่อนไหวของภาพ

ในปี 1988 MPEG (Moving Picture Experts Group) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอและเสียงภายใต้การดูแลของ ISO (International Standard

Organization) ได้ถูกจัดตั้งขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อกำหนดมาตรฐานการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวและเสียงสำหรับใช้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่อัตราบิตสูงขึ้นไปถึง 1.5 Mbps [1] มาตรฐานดังกล่าวผ่านการยอมรับเป็นมาตรฐานสากลในปี ค.ศ. 1992 และรู้จักกันในนามของ MPEG-1 อัตราบิตที่ใช้นั้นสอดคล้องกับการส่งผ่านข้อมูลของซีดี (Compact Disk) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลคุณภาพสูงที่คาดว่าจะได้รับความนิยมในกลุ่มผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นวิดีโอหรือเสียง เนื่องจากความจุที่มีมากประกอบกับราคาที่ไม่แพง การเข้ารหัสใน MPEG-1 นั้นในส่วนของวิดีโอจะมีอัตราบิตอยู่ที่ 1.15 Mbps ส่วนของเสียงนั้นจะแบ่งเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น ตามช่วงของอัตราบิต รวมแล้วจะมีอัตราบิตอยู่ที่ 1.406 Mbps ซึ่งใกล้กับอัตราบิตของซีดี (1.412 Mbps)

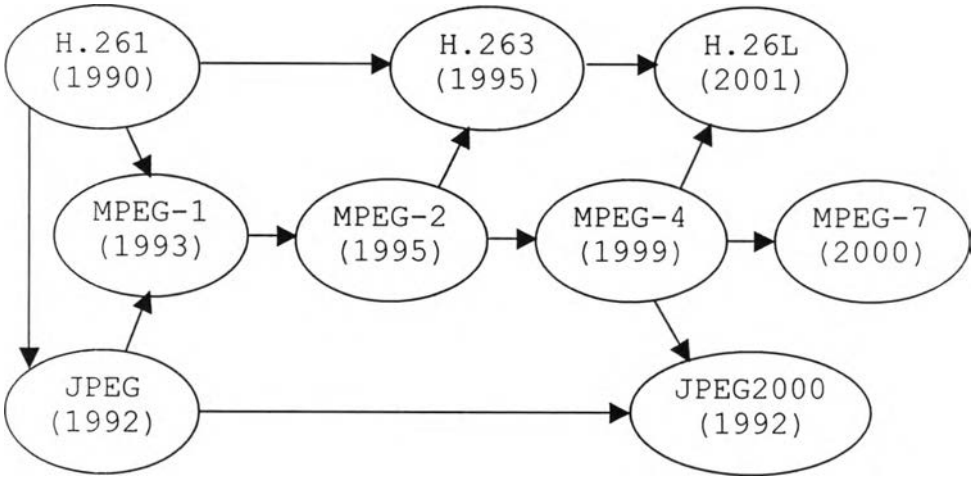
การพัฒนามาตรฐานการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอที่ผ่านมาก็เพื่อรองรับความต้องการที่มากขึ้นของผู้ใช้ มาตรฐาน H.261 ได้รับการพัฒนามาสำหรับวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวต่ำ เช่น การประชุมทางวิดีโอ ต่อมามาตรฐาน MPEG-1 ถูกกำหนดขึ้นสำหรับวิดีโอที่เก็บอยู่ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่อัตราบิตถึง 1.5 Mbps ต่อมา MPEG ได้กำหนดมาตรฐานในช่วงที่ 2 สำหรับเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอที่อัตราบิต 2 ถึง 15 Mbps เพื่อรองรับบริการต่างๆ เช่น โทรทัศน์ในระบบ PAL, NTSC, และ SECAM, เคเบิล, โรงภาพยนตร์ และระบบกระจายข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์, EDTV หรือ HDTV (High Definition Television) มาตรฐานนี้รวมถึงการใช้งานในคอมพิวเตอร์กราฟิก, มัลติมีเดีย, และ วิดีโอเกมด้วย ดังนั้นในช่วงที่ 2 นี้ MPEG จึงต้องการที่จะพัฒนามาตรฐานนี้ให้ยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับความต้องการวิดีโอคุณภาพสูงความซับซ้อนสูง หรือจะเป็นวิดีโอคุณภาพต่ำความซับซ้อนต่ำได้ การเข้ารหัสจึงต้องสามารถปรับเปลี่ยนอัตราบิต, คุณภาพ, ความละเอียดของภาพ และบริการได้ในช่วงกว้าง รู้จักกันในนามของ MPEG-2 มาตรฐาน MPEG-2 นี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่าง MPEG กับกลุ่มวิจัยการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอสำหรับเครือข่ายความเร็วสูง(B-ISDN) ภายใน ITU-T เรียกกลุ่มนี้ว่า AVC (ATM Video Coding) ออกมาเป็นมาตรฐานสากลในปี ค.ศ. 1994 มาตรฐานนี้อาจเรียกว่า H.262 ได้ เนื่องจากความร่วมมือดังกล่าว มาตรฐานนี้จะใช้กับวิดีโอที่มีความละเอียดสูงและอัตราบิตสูง เช่น HDTV อย่างไรก็ตาม แม้มาตรฐานทั้งสองจะมีความคล้ายคลึงกัน มาตรฐานทั้งสองก็จัดทำขึ้นโดยองค์กรที่ต่างกัน นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงระเบียบวิธีการเข้ารหัส โดยเพิ่มส่วนการกู้ส่วนผิดพลาด และการเวกเตอร์การเคลื่อนไหวสำหรับปกปิดความผิดพลาดในอินทราเฟรม

หลังจาก MPEG ได้ทำการพัฒนา MPEG-1 และ MPEG-2 แล้ว ในปี ค.ศ. 1993 MPEG ได้เบนเข็มไปพัฒนาวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำมาก (ต่ำกว่า 64 Kbps) สำหรับใช้ส่งในช่องการสื่อสารที่มีความจุจำกัด ภายใต้คุณภาพของวิดีโอที่ยอมรับได้ เช่นเดียวกับ MPEG-1 และ MPEG-2 มาตรฐานนี้อาศัยความร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญทางระบบสื่อสารของ ITU-T เรียกว่ากลุ่ม LBC (Experts Group on Very Low Bit-Rate Visual Telephony) เพื่อจะได้มาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอที่เหมาะกับการสื่อสารอย่างแท้จริง จนสามารถออกมาตรฐานสำหรับการส่งวิดีโอในเครือข่ายโทรศัพท์บ้าน

(PSTN) ในปี ค.ศ. 1995 เรียกว่ามาตรฐาน ITU-T H.263 มีการออกแบบจำลองการเข้ารหัสเพื่ออ้างอิงการเข้ารหัสเรียกว่า แบบจำลองทดสอบระยะใกล้ (Near-term test model) หมายเลข 1 ถึง 5 มาตรฐาน H.263 จะได้รับการดัดแปลงมาจากมาตรฐาน H.261 โดยเพิ่มส่วนต่างๆ เข้าไปเพื่อให้อัตราบิตต่ำลงในขณะที่คุณภาพวิดีโอสูงขึ้น รูปแบบในการเข้ารหัสยังคงอยู่บนพื้นฐานของ DCT 2 มิติ ของบล็อก 8 x 8 จุดภาพในเฟรม หลังจากนั้น MPEG ยังคงทำการพัฒนามาตรฐานต่อไปโดยมีเป้าหมายอยู่ที่การเข้ารหัสบนพื้นฐานของวัตถุ (Object-based coding) เรียกมาตรฐานนี้ว่า MPEG-4 การพัฒนามาตรฐานนี้ยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งคาดว่ามาตรฐานนี้จะมีอิทธิพลต่อวงการสื่อสารมัลติมีเดียในอนาคต เนื่องจากคุณสมบัติที่คาดว่าจะมีใน MPEG-4 ดังนี้

- มีการตอบโต้กับวัตถุในภาพได้
- มีการบีบอัดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง
- มีการเข้าถึงได้ดีไม่ว่าจะใช้ส่งบนเครือข่ายลักษณะใด

MPEG ยังคงมีแผนการที่จะพัฒนามาตรฐานตัวถัดไปเรียกว่า MPEG-7 ซึ่งมีเป้าหมายอยู่ที่การค้นหาข้อมูล กล่าวคือ จะเป็นการเข้ารหัสที่จะทำให้การค้นหาข้อมูลในเครือข่ายทำได้ง่าย เช่นเดียวกับ ITU-T ยังคงมีแผนจะพัฒนามาตรฐานตระกูล H ไปสู่มาตรฐาน H.26L ซึ่งยังคงอยู่ในระหว่างดำเนินการ นอกจากนั้นมาตรฐานการเข้ารหัสภาพนิ่ง (JPEG) ยังได้รับการพัฒนาเช่นกันไปสู่มาตรฐานที่มีชื่อว่า JPEG-2000 ความก้าวหน้าของ มาตรฐานวิดีโอเป็นไปดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วิวัฒนาการของมาตรฐานการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ

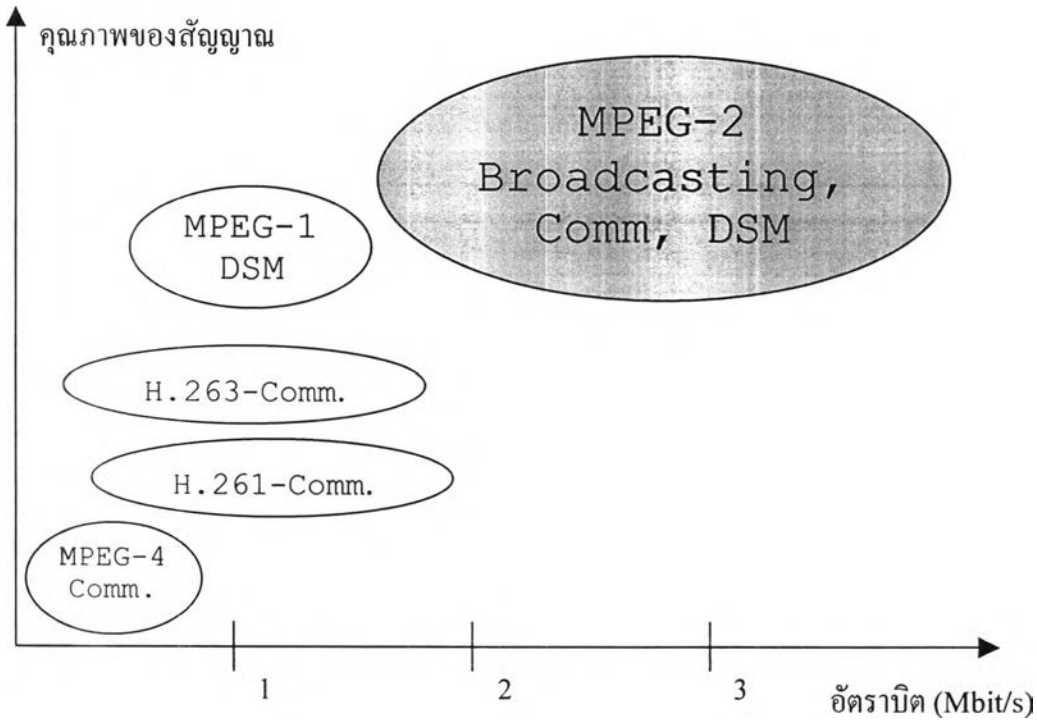
ในหัวข้อถัดไป จะกล่าวถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ทั้งในด้านของกรรมวิธีเข้ารหัสและวัตถุประสงค์ของมาตรฐานนั้นๆ

2.2 มาตรฐานการเข้ารหัสของ ISO

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่ามีมาตรฐานการเข้ารหัสหลายมาตรฐานสำหรับงานต่างชนิดกัน ในส่วนนี้จะพิจารณามาตรฐานที่ออกโดย ISO หรือ International Standard Organization มีดังนี้

2.2.1 มาตรฐาน JPEG

เป็นมาตรฐานภาพนิ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น ในอินเตอร์เน็ต เนื่องจากความต้องการเก็บภาพจำนวนมาก และการแสดงผลอย่างรวดเร็ว ถ้าพิจารณาภาพหนึ่งภาพ จะเห็นว่าประกอบไปด้วยจุดจำนวนมาก ทำให้ข้อมูลที่ต้องการในการเก็บภาพหนึ่งๆ มีขนาดใหญ่ มาตรฐานที่จะนำมาใช้เพื่อเก็บภาพจึงต้องมีอัตราการบีบอัดของข้อมูลสูง มาตรฐานนี้จึงเกิดขึ้นเรียกว่า JPEG (Joint Photographic Experts Group) จุดประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานระดับนานาชาติชุดแรก สำหรับเข้ารหัสสัญญาณภาพนิ่ง ด้วยการผลักดันขององค์กรกำหนดมาตรฐานสากลหรือ ISO (International Standard Organization) คำว่า Joint ใน JPEG นั้นหมายถึง ความร่วมมือในการทำงานระหว่าง CCITT (ITU-T) กับ ISO อย่างไม่เป็นทางการ ดังนั้นจึงเรียกได้ว่า JPEG เป็นมาตรฐานของทั้ง ISO และ ITU-T ซึ่งเรียก มาตรฐานนี้ว่า T.81 [1]



รูปที่ 2.2 การเปรียบเทียบอัตราบิตกับคุณภาพ
ของการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐานต่างๆ

1. จุดประสงค์และเป้าหมาย

มาตรฐานนี้จัดตั้งขึ้นเพื่อบีบอัดข้อมูลของภาพนิ่งแบบมีการสูญเสีย (Lossy Compression) ที่อัตราบิต 4 ระดับ [1] คือ

- 0.25 - 0.50 บิตต่อจุดภาพ : สำหรับรูปที่มีคุณภาพปานกลางถึงดี
- 0.50 - 0.75 บิตต่อจุดภาพ : สำหรับรูปที่มีคุณภาพดีถึงดีมาก
- 0.75 - 1.50 บิตต่อจุดภาพ : สำหรับรูปที่มีคุณภาพยอดเยี่ยม
- 1.50 - 2.00 บิตต่อจุดภาพ : สำหรับรูปที่มีคุณภาพระดับที่การสูญเสียไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

โดยมาตรฐานนี้จะต้องมีความสามารถต่างๆ ที่สำคัญ ดังนี้ [1]

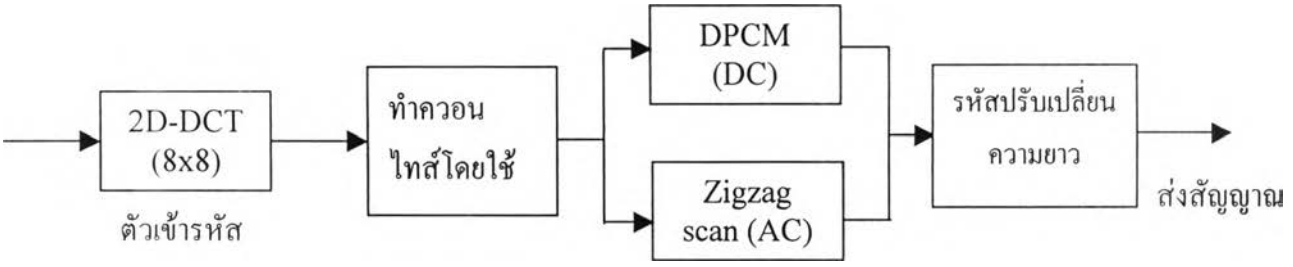
- ✓ ความสามารถในการถอดรหัสและเข้ารหัสอย่างซิงโครไนซ์กัน สำหรับบริการแบบเวลาจริง (Real Time Application)
- ✓ ความละเอียดของจุดภาพ จะเป็นอิสระกับการเข้ารหัส
- ✓ สามารถเข้ารหัสภาพที่เป็นตัวอักษรได้ดี
- ✓ ไม่มีอัตราบิตเป้าหมาย
- ✓ ใช้การเข้ารหัสแบบ DCT (Discrete Cosine Transform) แบบ 2 มิติ โดยใช้บล็อกขนาด 8 x 8 จุดภาพ เป็นหลัก
- ✓ สัมประสิทธิ์ DCT จะถูกควอนไทส์โดยค่าจากตาราง
- ✓ การเข้ารหัส DCT จะถูกกำหนดให้ทำที่ 8 ถึง 12 จุดภาพ
- ✓ ระบบจะสามารถขยายขอบเขตไปได้หลายๆ ทาง

2. การเข้ารหัส [1]

การเข้ารหัสภาพตามมาตรฐาน JPEG จะมีขั้นตอนดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจะเห็นว่า ข้อมูลภาพจะถูกเข้ารหัสแบบ DCT 2 มิติ ก่อนจะผ่านการควอนไทส์ จากนั้นข้อมูลจะถูกแยกเป็นข้อมูลที่ความถี่มูลฐาน (DC- Component) และที่ความถี่สูงขึ้นไป (AC-Component) ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลจากบริเวณที่มีความถี่ต่ำ คือ ทางบนซ้าย จัดเรียงแบบซิกแซ็ก จนลงมาทางด้านล่างขวา จะมากเท่าใดขึ้นกับอัตราบิตที่ต้องการ จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะผ่านการเข้ารหัสแบบปรับเปลี่ยนความยาว (Variable Length Coding) ก่อนจะทำการส่ง ส่วนขั้นตอนการถอดรหัสจะกลับกับการเข้ารหัส นั่นเอง

การเข้ารหัสทั้งหมด 4 โหมดตามลักษณะการจัดเรียงข้อมูล ดังนี้

ก. Sequential DCT-based mode เป็นการเข้ารหัสตามลำดับบล็อก โดยเริ่มจากบล็อกบนซ้ายของภาพ จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง แล้วนำสัมประสิทธิ์ที่ได้มาจัดเรียงตามปกติ



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการเข้ารหัสในมาตรฐาน JPEG

ข. Progressive DCT-based mode เป็นการเข้ารหัสเช่นเดียวกับแบบ Sequential DCT-based mode ข้อแตกต่างอยู่ตรงที่การจัดเรียงสัมประสิทธิ์ DCT จะเรียงลำดับตัวที่สำคัญของแต่ละบล็อกก่อน จากนั้นจึงเป็นสัมประสิทธิ์ตัวถัดๆ ไปของบล็อก การจัดเรียงดังนี้ จะมีความยืดหยุ่น นั่นคือ ส่วนสำคัญจะถูกส่งไปยังผู้รับก่อน ทำให้ผู้รับสามารถแสดงผลคร่าวๆ ของภาพได้ก่อน จากนั้นภาพจะค่อยๆ ชัดขึ้น ซึ่งต่างกับแบบอนุกรมที่ภาพจะค่อยๆ แสดงผลครั้งละบล็อกจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง บางครั้งการสูญเสียของข้อมูลทำให้ ภาพในส่วนล่างหายไป

ค. Lossless Processing Model หมายถึง ข้อมูลใดๆ ของภาพจะไม่มีการสูญเสีย เหมาะสำหรับภาพที่ต้องการเก็บทุกๆ รายละเอียด เช่น ภาพถ่ายทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามอัตราการบีบอัดข้อมูลในกรณีนี้จะน้อยมาก อยู่ในระดับ 2:1 [1] การเข้ารหัสแบบนี้จะไม่ใช้ DCT แต่จะใช้วิธีการคาดการณ์ (Predictive Process) แบบอนุกรม จากนั้นใช้ตารางการเข้ารหัสปรับเปลี่ยนค่าถึง 4 ตาราง การเข้ารหัสแบบนี้สามารถทำได้ตั้งแต่ครั้งละ 2 บิต ถึง 16 บิต การคาดการณ์จะมีหลักการว่าจุดที่หายไปจะสามารถเกิดจากจุดรอบข้างได้ [1]

ง. Hierarchical Processing Model ข้อมูลจะถูกสุ่มให้มีขนาดเล็กลง (Down Sampling) จากนั้นทำการเข้ารหัสอย่างใดอย่างหนึ่งในสามแบบข้างต้น จากนั้นทางด้านผู้รับจะทำถอดรหัสให้มีขนาดเท่าเดิมโดยใช้การคาดการณ์จุดที่หายไป วิธีนี้ใช้ในกรณีที่เครื่องมือมีศักยภาพต่ำ และไม่มีที่พักข้อมูลชั่วคราว แต่ต้องการได้ภาพที่มีความละเอียดสูงจากข้อมูลภาพที่มีความละเอียดต่ำ [1]

โดยสรุป JPEG เป็นมาตรฐานการเข้ารหัสภาพนิ่งที่อยู่บนพื้นฐานของ DCT และได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาต่อจากมาตรฐานนี้เพื่อให้เป็นมาตรฐานการเข้ารหัสภาพนิ่ง หรือ MJPEG (Moving JPEG) ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ISO จึงวางแผนเพื่อออกมาตรฐานชุดใหม่สำหรับภาพเคลื่อนไหวโดยเฉพาะ เรียกว่า MPEG (Moving Picture Expert Group) ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงมาตรฐาน MPEG ชุดต่างๆ ในด้านวัตถุประสงค์และการเข้ารหัส

2.2.2 มาตรฐาน MPEG-1 (ISO/IEC 11172)

MPEG-1 เป็นมาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอและเสียงสำหรับการเก็บข้อมูล และการดึงข้อมูลกลับมาใช้บนอุปกรณ์เก็บข้อมูล ซึ่งมีอัตราบิตได้สูงสุดถึงประมาณ 1.5 Mbps กลุ่มผู้พัฒนา MPEG-1 นั้น ได้ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 1988 และได้พัฒนามาตรฐาน MPEG-1 จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์เป็นมาตรฐานนานาชาติในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1994 MPEG-1 นั้นเหมาะสมสำหรับการใช้งานเก็บข้อมูลมัลติมีเดีย และช่องสัญญาณสื่อสารที่มีอัตราบิตประมาณ 1 ถึง 5 Mbps เช่น LAN (Local Area Network) เป็นต้น

1. <u>ส่วนประกอบของมาตรฐาน</u>

มาตรฐาน MPEG-1 นั้นประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่

1) ส่วนที่ 1: ระบบ (ISO/IEC 11172-1) เป็นส่วนที่กำหนดวิธีการกระบวนการในการรวมกันหรือประกอบกันของวิดีโอ และเสียงในส่วนที่ 2 และ 3 เพื่อที่จะได้เป็นสัญญาณที่เข้ารหัสแล้วออกมา โดย MPEG จะไม่กำหนดกระบวนการเข้ารหัส แต่จะกำหนดกระบวนการถอดรหัสและรูปแบบของสัญญาณขาออก
2) ส่วนที่ 2 : วิดีโอ (ISO/IEC 11172-2) เป็นส่วนที่กำหนดการเข้ารหัสเพื่อบีบอัดข้อมูลวิดีโอ โดยพยายามให้มีอัตราบิตคงที่ที่ประมาณ 1.5 Mbps บนพื้นฐานของ DCT นอกจากนั้นยังมีการใช้เทคนิค ต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ได้อัตราการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) สูง ๆ เช่น การชดเชยการเคลื่อนไหว (Motion Compensation)
3) ส่วนที่ 3 : เสียง (ISO/IEC 11172-3) เป็นส่วนที่กำหนดการเข้ารหัสเพื่อบีบอัดข้อมูลเสียงทั้งแบบสเตอริโอ และโมโน
4) ส่วนที่ 4 : ส่วนทดสอบ (ISO/IEC 11172-4) เป็นส่วนที่กำหนดวิธีการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่เข้ารหัสแล้วและตัวถอดรหัส เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน MPEG-1 หรือไม่
5) ส่วนที่ 5: การจำลองระบบ (ISO/IEC 11172-5) เป็นส่วนที่ไม่เชิงจะเป็นมาตรฐานนัก โดยจะเป็นซอฟแวร์ที่เป็นผลสำเร็จจากมาตรฐานใน 3 ส่วนแรก ซึ่งได้แก่ ส่วนระบบ, ส่วนวิดีโอ, และส่วนเสียง

2. <u>รูปแบบการเข้ารหัส</u>

มาตรฐาน MPEG-1 จะกำหนดชนิดของเฟรมตามแบบการเข้ารหัส เป็น 4ชนิด ได้แก่

ก. อินทราเฟรม (Intracoded – Frame, *I-Frame*)

เป็นเฟรมที่ถูกเข้ารหัสมาในทุกๆ บล็อกภายในเฟรม การถอดรหัสอินทราเฟรมจึงไม่ต้องใช้ข้อมูลจากเฟรมอื่นๆ เลย เฟรมแรกในสัญญาณวิดีโอจะถูกเข้ารหัสเป็นอิน-

ทราเฟรม ซึ่งจะมีข้อมูลสำหรับการคาดการณ์เฟรมแบบ 2 ทิศทาง และทิศทางเดียว บล็อก และมาโครบล็อกภายในอินทราเฟรมจะถูกเรียกว่า อินทราบล็อก และมาโครบล็อกแบบอินทรา ตามลำดับ

ข. อินเตอร์เฟรมแบบ P หรือเฟรม P (Predictive Coded Frame, *P-Frame*)

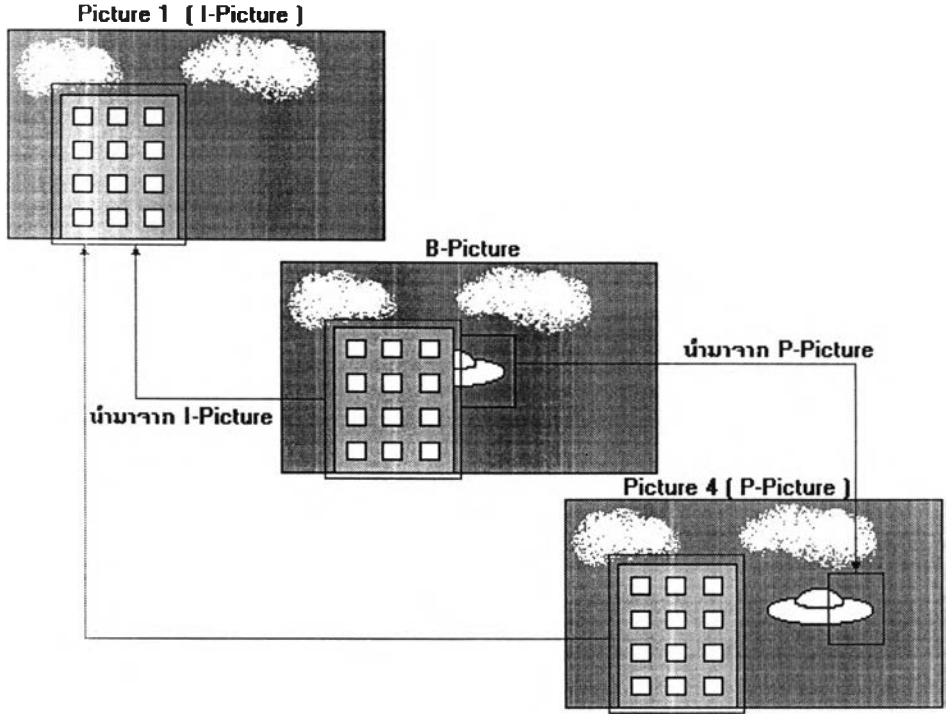
เป็นเฟรมที่สามารถถูกถอดรหัส โดยใช้ข้อมูลจากอินทราเฟรมหรือเฟรม P ที่แสดงไปก่อนแล้ว ซึ่งจะเรียกเฟรมที่แสดงไปก่อนแล้วนั้นว่า เฟรมอ้างอิง เฟรม P จะประกอบไปด้วยมาโครบล็อกแบบอินทราส่วนหนึ่ง (ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องทำการถอดรหัส) และมาโครบล็อกแบบ P (Predicted-Macroblock) อีกส่วนหนึ่ง

ค. อินเตอร์เฟรมแบบ B หรือเฟรม B (Bidirectionally Predicted Picture, B Picture)

เป็นเฟรมที่สามารถใช้ข้อมูลได้ทั้งจากเฟรมที่แสดงไปแล้วและเฟรมที่กำลังจะแสดงในอนาคต และข้อมูลส่วนที่เหลือจะทำการถอดรหัสเอง จะประกอบด้วย มาโคร - บล็อกแบบ B (Bidirectionally Predicted – Macroblock) และมาโครบล็อกแบบอินทรา

ง. อินทราเฟรมแบบ D หรือเฟรม D (D Picture)

เป็นเฟรมในกรณีเฉพาะแบบของอินทราเฟรม ซึ่งแต่ละบล็อกจะมีการเข้ารหัสเฉพาะส่วน DC เท่านั้น ทำให้สามารถถูกถอดรหัสได้รวดเร็ว แต่คุณภาพของภาพจะจำกัด



รูปที่ 2.4 การทำงานของอินทราเฟรม, เฟรมP และเฟรม B ในมาตรฐาน MPEG-1

โดยจุดมุ่งหมายของมาตรฐานที่กำหนดอัตราส่งผ่านข้อมูลที่ 1.5 Mbps และมุ่งความสนใจไปที่อุปกรณ์เก็บข้อมูล การใช้งานที่นิยมเป็นส่วนใหญ่จึงเป็นการเก็บข้อมูลและดึงข้อมูลมาใช้ ในมาตรฐาน MPEG-1 สื่อที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่นิยมที่สุดคือ ซีดีรอม (Compact Disk) เนื่องจากความจุที่มีขนาดเพียงพอ อัตราถ่ายเทข้อมูลที่เหมาะสมของซีดีรอม ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่มีวิดีโอและเสียงเป็นส่วนประกอบ ข้อมูลในรูปของภาพยนตร์ (Video CD) ตลอดจนซอฟแวร์การเข้ารหัสและถอดรหัสต่าง ๆ ที่มีการใช้งานวิดีโอและเสียง โดยเฉพาะบริการแบบโต้ตอบ (Interactive Server) จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างรวดเร็ว นอกจากการประยุกต์ใช้งานในด้านการเก็บข้อมูลแล้ว ยังมีการผลิตตัวประมวลผลสำหรับการเข้ารหัสและถอดรหัส เครื่องเข้ารหัส และเครื่องถอดรหัสตลอดจนซอฟแวร์เพื่อการนี้ การใช้งานจึงขยายกว้างขึ้น ทั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือตัวประมวลผล ซึ่งใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่สนับสนุนมาตรฐาน MPEG-1 เช่น เครื่องเล่นซีดี (CD Player) หรือเครื่องเล่นแผ่นเลเซอร์ (Laserdisc Player) ที่ใช้ ตัวถอดรหัส MPEG-1 เป็นต้น

2.2.3 มาตรฐาน MPEG-2 (ISO / IEC 13818)

จากมาตรฐาน MPEG-1 ซึ่งมุ่งเป้าหมายไปที่การใช้งานกับอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ 1.5 Mbps MPEG ได้พัฒนามาตรฐาน MPEG-2 ขึ้น เพื่อรองรับการใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้กว้างขวางขึ้น มีคุณภาพดีขึ้น สามารถส่งข้อมูลที่อัตราบิตสูงขึ้นถึง 2 ถึง 15 Mbps. โดยมุ่งสนับสนุนการประยุกต์ใช้งานหลัก ๆ 3 ลักษณะ ดังนี้

- การใช้งาน Digital Storage Media (DSM)
- การกระจายส่งข้อมูลจากเครื่องส่งเครื่องเดียวไปสู่เครื่องรับหลาย ๆ เครื่อง ผ่านสื่อที่ใช้ส่งสัญญาณต่าง ๆ
- การประยุกต์ใช้งานด้านการสื่อสาร ซึ่งจะรวมถึงโทรศัพท์วิดีโอ และการประชุมแบบวิดีโอ

MPEG-2 สำหรับสัญญาณวิดีโอได้เพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพขึ้นจาก MPEG-1 มาก MPEG-2 นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กว้างกว่าคือ ใช้ได้ตั้งแต่อัตราบิตต่ำ ๆ ไปจนถึงอัตราบิตสูง ๆ ความละเอียดต่ำไปจนถึงความละเอียดสูง และ คุณภาพของภาพต่ำไปจนถึงคุณภาพสูง เราสามารถเปรียบเทียบ MPEG-2 กับ MPEG-1 ในแง่ของการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอได้ ดัง ตารางที่ 2.1

เทคนิคการบีบอัดข้อมูล สำหรับมาตรฐานนี้จะมีดังนี้

1. ละทิ้งข้อมูลของภาพที่ประสาทสัมผัสทางการมองเห็นของมนุษย์ ไม่สามารถรับรู้ได้ โดยจะใช้ Discrete Cosine Transform (DCT) ประมาณค่าความสว่าง (Luminance) และค่าสี (Chrominance) ของแต่ละบล็อก (8 x 8 จุด) เพื่อใช้แทนค่าจริง โดยจะได้ค่าสัมประสิทธิ์

ความถี่ (Frequency Coefficients) ซึ่งอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของสีภายในบล็อกแต่ละบล็อกจากกระบานการ DCT นี้ และเมื่อทำการควอนไทส์ ค่าสัมประสิทธ์บางค่าจะกลายเป็น 0 ซึ่งก็หมายถึงข้อมูลส่วนที่ไม่จำเป็นของเฟรมจะถูกละทิ้งไป และเงื่อนไขในการควอนไทส์จะสามารถกำหนดได้จากเมตริกการควอนไทส์ (Quantization Matrix) และตัวประกอบสเกล (Scale Factor) ซึ่งจะสามารถกำหนดระดับการควอนไทส์และอัตราการบีบอัดได้ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กลายเป็น 0 ดังกล่าวจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงของความถี่สูง ๆ (ซึ่งประสาทสัมผัสทางการมองเห็นของมนุษย์จะไม่สามารถรับรู้ได้)

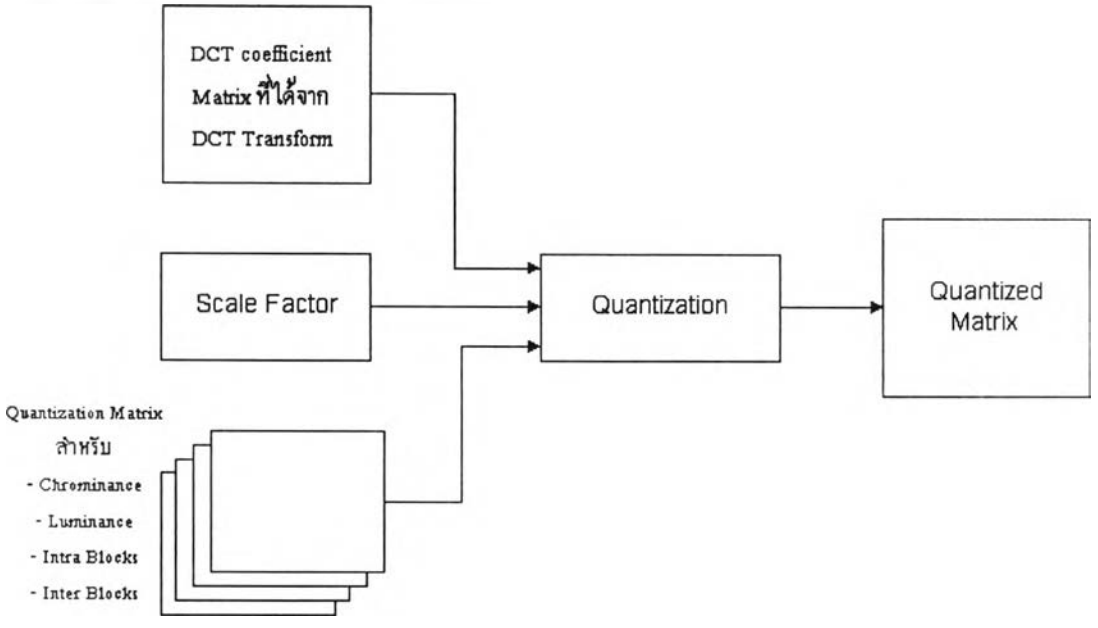
2. การใช้ตารางรหัสปรับเปลี่ยนความยาว (Variable Length Coding Table, VLC-Table) MPEG-2 จะกำหนดตารางสำหรับใช้เข้ารหัสแทนค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม โดยจะใช้จำนวนบิตน้อย ๆ เมื่อเข้ารหัสรูปแบบของสัมประสิทธิ์ที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ทำให้สามารถประหยัดจำนวนบิตในการเข้ารหัส โดยการเข้ารหัสแบบปรับเปลี่ยนความยาว (Variable Length Coding) จะใช้จำนวนบิตในช่วง 2 ถึง 13 บิตในการเข้ารหัส
3. การประมาณการเคลื่อนไหว (Motion Estimation) เป็นการหา หรือ ทำนายบริเวณในเฟรม ซึ่งเหมือนกับบางส่วนของเฟรมถัด ๆ ไป เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ในการเข้ารหัส การประมาณการเคลื่อนไหว จะใช้มาโครบล็อกเป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบ เพื่อหาส่วนของเฟรมที่เหมือนกัน ตัวเข้ารหัสจะทำการหาในเฟรมก่อนหน้าและในเฟรมถัดไปจากเฟรมปัจจุบัน เพื่อให้พบมาโครบล็อกที่เหมือนหรือใกล้เคียงกัน ระยะความแตกต่างของ ตำแหน่งของมาโครบล็อกที่พบจะถูกคำนวณออกมา และจะมีเวกเตอร์การเคลื่อนไหว ชี้บอกทิศทางที่มาโครบล็อกเลื่อนห่างออกจากกัน ระยะความแตกต่างของตำแหน่งที่คำนวณออกมาจะถูกทำ DCT (Discrete Cosine Transform) และถูกเข้ารหัสปรับเปลี่ยนความยาว (Variable Length Coding , VLC) พร้อมกับเวกเตอร์การเคลื่อนไหว ในกระบวนการถอดรหัสเวกเตอร์การเคลื่อนไหวจะกำหนดตำแหน่งทิศทางของมาโครบล็อกในเฟรมที่จะถอดรหัส ซึ่งเมื่อรวมกับค่าระยะความแตกต่างทางตำแหน่งของมาโครบล็อกที่ได้ถอดรหัสแล้วก็จะสามารถกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของมาโครบล็อกดังกล่าวได้ ในกรณีที่ดีที่สุดก็คือ มาโครบล็อกที่เหมือนกัน อยู่ในตำแหน่งเดียวกันของเฟรม ซึ่ง ในกระบวนการเข้ารหัส จะไม่มีการเข้ารหัสมาโครบล็อกในส่วนนี้ เวกเตอร์การเคลื่อนไหวจะเป็น 0 และเมื่อทำการถอดรหัส จะไม่มีการถอดรหัสมาโครบล็อกในส่วนนี้เช่นกัน โดยจะปล่อยให้มาโครบล็อกของเฟรมที่แล้วคงแสดงอยู่บนหน้าจอเช่นเดิม

ตั้งแต่มาตรฐาน MPEG-2 ได้ประกาศใช้เป็นมาตรฐานสากล เมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1994 ได้มีการนำมาตรฐาน MPEG-2 นี้ไปประยุกต์ใช้งานในทางการค้าเป็นอย่างมาก โดยการส่งข้อมูล MPEG-2 ไปบนเครือข่ายเอทีเอ็ม (ATM Network) และการถ่ายทอดทีวีความละเอียดสูง (High-Definition Television, HDTV) ซึ่งเป็นบริการที่ได้รับความสนใจมากที่สุด สำหรับบริการแบบถ่ายทอดออกอากาศนั้น ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากทั้งแบบผ่านเคเบิล และแบบผ่านดาว

เทียม จนกระทั่งการใช้เทคโนโลยีของ MPEG-2 สำหรับการเข้ารหัสวิดีโอแบบดิจิตอล ได้กลายเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันโดยทั่วไปทั้งในอเมริกาและยุโรป

ตารางที่ 2.1การเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐาน MPEG-1 กับ MPEG-2 ในแง่ของการเข้ารหัสวิดีโอ

	MPEG-1	MPEG-2
Video Format	SIF Progressive	SIF, 4:2:0,4:2:2,4:4:4 Progressive / Interlaced
Picture quality	VHS	Distribution / Contribution
Bit rate	Variable (≤1.856 Mbps)	Variable up to 100 Mbps
Low delay mode	< 150 ms	< 150 ms
Accessibility Scalability	Random access	Random access/channel hopping, SNR, temporal Simulcast, data partitioning
Compatibility		Forward, Backward, Upward And Downward
	MPEG-1	**MPEG-2**
Transmission Error	Error protection	Error resilience
Editing bitstream	YES	YES
DCT	YES	Field (progressive) or Frame (interlaced)
Motion Estimation	Non-Interlaced	Field, Frame, Dual-prime based Top (16 x 8) block and Bottom (16 x 8) block
Motion Vector	Motion vectors for P, B Pictures only	Concealment motion vector For I pictures, MV for P & B pictures
Scanning of DCT coefficient	Zigzag scan	Zigzag scan, alternate scan For interlaced video



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนกระบวนการควอนไทส์ตามมาตรฐาน MPEG-2

นอกจากการประยุกต์ใช้งานในลักษณะที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการนำมาตรฐานไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ อีก ได้แก่ ซอฟแวร์ถอดรหัสสำหรับใช้งานบนคอมพิวเตอร์, อุปกรณ์ถอดรหัส เช่น เครื่องเล่นดีวีดี (DVD – Movie Player) มาตรฐาน MPEG-2, วิดีโอตามต้องการ (Video-On-Demand), ข่าวสารตามต้องการ (News-On-Demand) ตลอดจนการเก็บสัญญาณข้อมูล MPEG-2 ลงในอุปกรณ์เก็บ เช่น DVD และการนำไปประยุกต์พัฒนาเกมสำหรับคอมพิวเตอร์

2.2.4 MPEG - 4 (ISO/IEC 14496)

MPEG เริ่มต้นการพัฒนามาตรฐาน MPEG-4 ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1993 โดยเมื่อเริ่มแรกนั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนามาตรฐานการเข้ารหัสเพื่อให้ได้อัตราการบีบอัดข้อมูลสูงๆ ซึ่งกำหนดค่าอัตราบิตไว้ที่ต่ำกว่า 64 Kbps เพื่อใช้งานในการสื่อสารข้อมูลที่มีอัตราบิตต่ำมากๆ เมื่อพัฒนา MPEG-4 ได้ระยะหนึ่ง MPEG ก็ได้กำหนดให้มีการขยายมาตรฐาน ขยายจุดมุ่งหมายและขยายการประยุกต์ใช้งานให้กว้างขวางขึ้น ซึ่งก็ได้มีการปรับปรุงและเพิ่มเติมเครื่องมือ, ระเบียบวิธี, รูปแบบ ตลอดจนเพิ่มเติมค่าอัตราบิตที่ใช้งาน และยังเพิ่มความสามารถในการโต้ตอบ (Interactivity) กับผู้ใช้งาน เพื่อควบคุมและจัดการกับข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย มาตรฐาน MPEG-4 ชุดที่ 1 นั้น ได้พัฒนาออกมาเป็นมาตรฐานสากลเรียบร้อยแล้วเมื่อ เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1998 และในปัจจุบัน MPEG ก็กำลังพัฒนามาตรฐาน MPEG-4 ชุดที่ 2 ซึ่งจะเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ให้กับ MPEG-4 ชุดที่ 1 โดยกำหนดเวลาในการพัฒนาเสร็จสิ้นภายใน 1 ปี หลังจาก MPEG-4 ชุดที่ 1 ได้ออกเป็นมาตรฐาน

1. <u>ขอบเขตและลักษณะของมาตรฐาน MPEG-4</u>

มาตรฐาน MPEG-4 เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์อย่างมากต่อทั้งผู้ผลิต (Authors) ผู้ให้บริการเครือข่าย (Network Service Providers) และผู้ใช้งานทั่วไป (End Users) ความสามารถที่โดดเด่นที่สำคัญของ MPEG-4 คือ

- ✓ สามารถแสดงหรือแทนข้อมูลหรือเนื้อหา (Content) ทั้งทางภาพและเสียง ให้เป็นเหมือนวัตถุชิ้นหนึ่ง ๆ ซึ่งจะถูกเรียกว่า "วัตถุ (Media Object)" ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งวัตถุธรรมชาติ (Natural Object) หรือวัตถุจากการสังเคราะห์ (Synthetic Object)
- ✓ สามารถอธิบายถึงการประกอบรวมกันของวัตถุต่าง ๆ เมื่อสร้างขึ้นเป็น Audiovisual scene
- ✓ สามารถมัลติเพลกซ์และซิงโครไนซ์ข้อมูลเข้ากับวัตถุได้
- ✓ ผู้รับปลายทางสามารถทำการโต้ตอบ (Interact) กับภาพได้

MPEG-4 กำหนดวัตถุเบื้องต้น (Primitive Media Object) ในขั้นพื้นฐาน ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งแบบธรรมชาติ, สังเคราะห์ 2 มิติ หรือ 3 มิติ เช่น ภาพนิ่ง, วิดีโอ, เสียง ซึ่งจะกำหนดรหัสเพื่อใช้แสดงหรือแทนวัตถุเหล่านี้ด้วย ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของตัวบรรยาย (Descriptive Element)

ที่ทำหน้าที่ควบคุมการจัดการวัตถุนั้น ๆ ในภาพ และส่วนของข้อมูลเสริมเพิ่มเติมในรูปสัญญาณข้อมูล วัตถุแต่ละชิ้นนั้นจะเป็นอิสระไม่ขึ้นกับวัตถุ อื่น ๆ รอบข้าง และไม่ขึ้นกับพื้นหลัง

การนำวัตถุเบื้องต้นหลาย ๆ อัน มาประกอบรวมกันขึ้นเป็นภาพเราจะสามารถ

- จัดวางวัตถุ ไว้ที่ใดก็ได้ภายในระบบพิกัดฉาก
- ใช้การแปลงเพื่อเปลี่ยนลักษณะทางเรขาคณิต หรือลักษณะทางเสียงของวัตถุ
- ใช้สัญญาณเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของวัตถุ
- โต้ตอบ (Interact) กับผู้ใช้เพื่อเปลี่ยนมุมมองของภาพ หรือตำแหน่งรับฟังเสียง

2. การเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ

ระเบียบวิธีเข้ารหัสของ MPEG-4 สำหรับวิดีโอและภาพนิ่งนั้นสามารถดำเนินการกับวัตถุในรูปแบบใด ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนฟังก์ชันบนพื้นฐานของข้อมูล (Content-based function) และนอกจากนี้ยังครอบคลุมความสามารถของ MPEG-1 และ MPEG-2 ด้วย

ในส่วนของวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำมาก (Very Low-bit rate video) เครื่องมือและระเบียบวิธีจะทำงานที่ 5 ถึง 64 Kbps ซึ่งจะสนับสนุนวิดีโอความละเอียดต่ำและอัตราเฟรมต่ำประมาณไม่เกิน 15 เฟรมต่อวินาที โดยสามารถเข้ารหัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความทนทานต่อความผิดพลาดและสามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ดี ใช้ในการสื่อสารมัลติมีเดียแบบเวลาจริง (Real-time Multimedia Communication) ซึ่งซอฟแวร์หรืออุปกรณ์ปลายทางไม่ซับซ้อนนัก นอกจากนี้ยังสามารถทำงานในลักษณะเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access) ไปข้างหน้า และถอยหลังอย่างเร็ว (Fast Forward and Fast Reward)

ที่อัตราบิตสูงขึ้น 64 Kbps ถึง 4 Mbps ก็จะมีฟังก์ชันและความสามารถที่มีในส่วนของวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำมากเช่นกัน และที่อัตราบิตสูงขึ้นนี้ จะเป็นพวกบริการซ่อมแซมทางไกล (Broadcast Interactive Retrieval) โดยมีคุณภาพอยู่ในระดับโทรทัศน์ดิจิตอล ซึ่งในส่วนนี้จะเพิ่มเครื่องมือสำหรับเข้ารหัสแบบไขว้ (Coding Interlaced Signal) เข้ามา

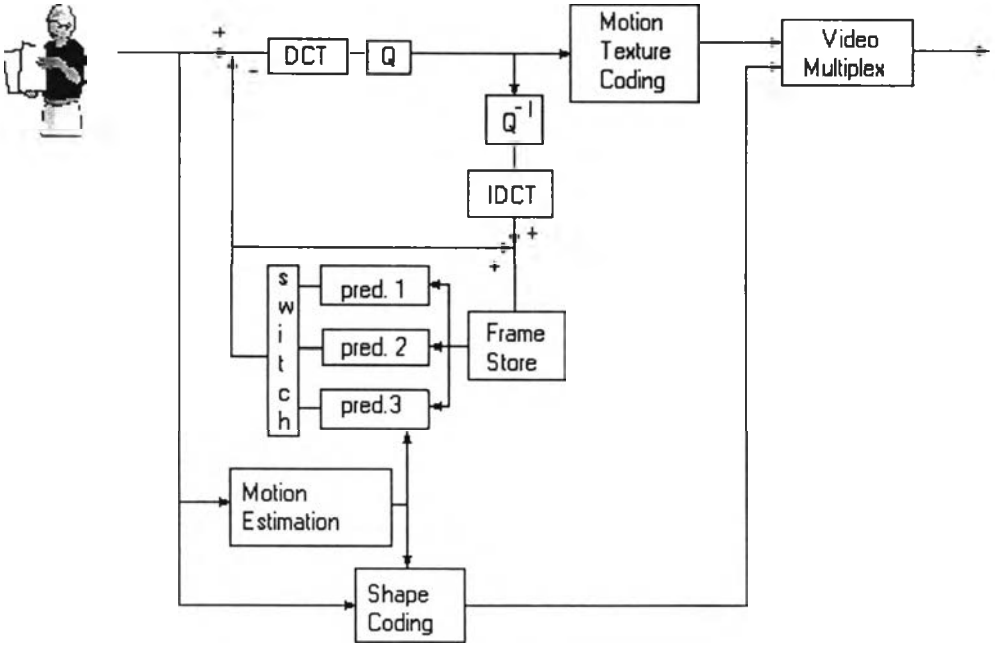
ฟังก์ชันบนพื้นฐานของข้อมูลจะสนับสนุนการเข้ารหัสและถอดรหัสวัตถุภายในฉากแยกจากกันโดยอิสระ ทำให้มีความยืดหยุ่นมากในการจัดการกับวัตถุวิดีโอและวัตถุอื่น ๆ ภายในฉาก โดยไม่ต้องมีการแบ่งข้อมูลเป็นส่วน ๆ แล้วส่งข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งตัวถอดรหัสเพียงแต่เลือกถอดรหัสเฉพาะวัตถุที่ต้องการเท่านั้น ก็จะสามารถจัดฉากที่มีเฉพาะวัตถุที่ต้องการได้

การเข้ารหัสวิดีโอและภาพนิ่งทั่วไปนั้นจะเหมือนกับ MPEG-1, MPEG-2 โดยจะมีการ เข้ารหัสเนื้อภาพ (Texture) ด้วยในภายหลัง สำหรับการเข้ารหัสบนพื้นฐานของข้อมูลซึ่งวัตถุจะมีรูปร่างใด ๆ (Arbitrary Shape) และอยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ นั้น จะมีการเข้ารหัสรูปร่างของวัตถุและเข้ารหัสส่วนที่เป็นกึ่งโปร่งใส (Transparency) ด้วย โดยรูปร่างของวัตถุนั้นจะสามารถแสดงได้ด้วยส่วนประกอบกึ่งโปร่งใสแบบ 8 บิต (8-bit Transparency Component) หรือมาสก์แบบไบนารี

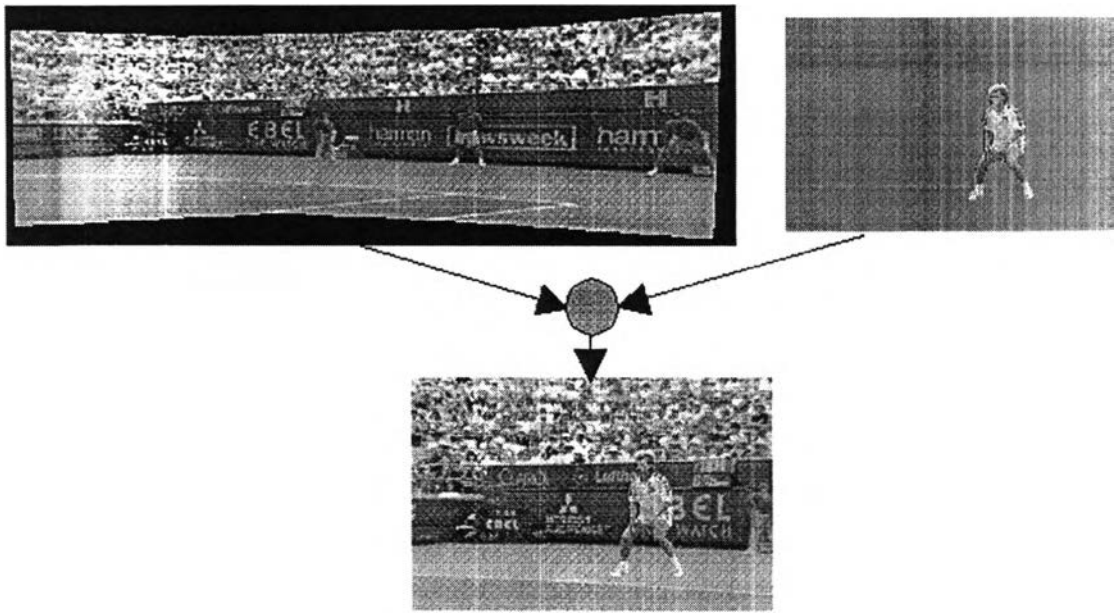
การเข้ารหัสนั้นจะรวมการเข้ารหัสรูปร่าง, การชดเชยการเคลื่อนไหว, การคาดการเคลื่อนไหว และการเข้ารหัสเนื้อภาพไว้ด้วย โดยจะใช้ชดเชยและประมาณการเคลื่อนไหวแบบบล็อก 8x8 หรือ 16x16 จุด

เทคนิคการชดเชยการเคลื่อนไหวเชิงกว้าง (Global Motion Compensation) โดยการใช้ Sprite ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับตัดฉากภาพนิ่งในลักษณะพื้นหลังมุมกว้าง (Panorama Background) ทำให้มีการส่งข้อมูลของรูปพื้นหลังเพียงครั้งเดียว หลังจากนั้นในแต่ละเฟรมที่มีการใช้พื้นที่ของภาพพื้นหลังคนละส่วนกัน ก็จะส่งมาเฉพาะข้อมูลที่บอกถึงการเคลื่อนที่ไปของมุมมอง (Viewing Point of Camera) แล้วทำการสร้างพื้นหลังในส่วนนั้นใหม่ โดยใช้ข้อมูลที่ส่งมาในครั้งแรกสุดไม่ต้องส่งข้อมูลมาใหม่ ทำให้สามารถลดข้อมูลที่จะต้องส่งลงได้

- การเข้ารหัสพื้นผิวและภาพนิ่ง - การเข้ารหัสนี้ใช้ ระเบียบวิธี Zerotree Wavelet ซึ่งมีประสิทธิภาพมาก และ สามารถใช้ วัตถุที่มีรูปร่างใดๆ ได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเชิงพื้นที่และคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงระดับคุณภาพด้วย
- การเข้ารหัสวัตถุวิดีโอแบบปรับเปลี่ยนคุณภาพได้ (Scalable Coding of Video Object Scalability) หมายถึง ความสามารถในการถอดรหัสสัญญาณวิดีโอเพียงบางส่วน และสร้างภาพนิ่ง หรือวิดีโอกลับมาในลักษณะต่อไปนี้
  - ลดคุณภาพลง โดยใช้ตัวเข้ารหัสที่มีความซับซ้อนน้อยลง
  - ลดความละเอียดของภาพและลดความละเอียดทางเวลา
  - ใช้ความละเอียดทางเวลาและพื้นที่เท่าเดิม แต่ลดคุณภาพลง



รูปที่ 2.6 แผนภาพพื้นฐานของตัวเข้ารหัส MPEG -4 [24]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการใช้ Sprite ในการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐาน MPEG-4 [24]

การที่มีฟังก์ชันแบบนี้ ทำให้สามารถเข้ารหัสเพื่อใช้กับเครือข่าย แบบต่าง ๆ กัน ตลอดจนมีผู้รับที่มีความสามารถในการถอดรหัสสูงต่ำไม่เท่ากันได้

2.2.5 MPEG-7 (ISO/IEC 15938)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ ได้พัฒนาไปมากและในด้านการสื่อสาร และในด้านของมัลติมีเดีย ข้อมูลทางด้าน Audiovisual นั้นนับวันก็ยิ่งเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก การที่ เราจะเข้าถึงข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ต้องการได้นั้น เราจะต้องสามารถกำหนดที่อยู่ของข้อมูลนั้นเสียก่อน และการที่จะรู้ได้ว่าตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลนั้นอยู่ที่ใด เราจำเป็นต้องทำการค้นหาข้อมูล ที่เราต้องการจากข้อมูลมากมายที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลในปัจจุบันนั้น มักจะมีกลไกค้นหาบนพื้นฐานของข้อ-ความ (Text-Based Search Engines) ที่เป็นตัวอักษร, คำหรือกลุ่มคำ ในการค้นหาถ้าเราสามารถพัฒนาเทคโนโลยี ในด้านนี้ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และก้าวข้ามขอบเขตความสามารถที่มีอยู่ เราจะสามารถค้นหาข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และหลากหลายยิ่งขึ้น ด้วยความพยายามและจุดมุ่งหมายดังกล่าว MPEG ได้เริ่มพัฒนา MPEG-7 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ที่สุดเพื่อเป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีในด้านนี้

MPEG เริ่มต้นโครงการ MPEG-7 ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 1996 โดยใช้ชื่อเต็มว่า "Multimedia Content Description Interface" โดย MPEG-7 จะกำหนดมาตรฐานสำหรับ คำอธิบายที่ใช้อธิบายถึงลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูลมัลติมีเดีย, รูปแบบการบรรยาย (Description

Schemes) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวบรรยาย (Descriptors) กับรูปแบบการบรรยาย MPEG-7 จะกำหนดรูปแบบภาษาที่ใช้ในรูปแบบการบรรยาย เรียกว่า ภาษาของข้อกำหนดการบรรยาย (Description Definition Language, DDL) ซึ่งวัตถุ Audiovisual ที่มีข้อมูลของ MPEG-7 ติดมาด้วยนั้นจะสามารถถูกกำหนดในดัชนีและถูกค้นหาโดยใช้เทคโนโลยีใหม่นี้ได้วัตถุในภาพ สามารถเป็นได้ทั้งภาพนิ่ง (Still Image), กราฟิก, แบบจำลอง 3 มิติ(3D Models), เสียงเพลง, เสียงพูด. วิดีโอ หรือข้อมูลที่มีสิ่งเหล่านี้ผสมกันอยู่ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของมาตรฐานอื่น ๆ เช่น MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 หรือ PCM

ลักษณะการอธิบายของ MPEG-7 นั้นจะไม่ขึ้นกับวิธีการที่ข้อมูลหรือวัตถุนั้นถูกเข้ารหัสมา แต่จะขึ้นกับลักษณะและรูปแบบที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือข้อมูลนั้น ๆ (เราอาจจะเรียก ข้อมูลหรือวัตถุในภาพได้ว่า Audiovisual Material) โดย Material หนึ่ง ๆ อาจสามารถบรรยายหรืออธิบายด้วยลักษณะต่าง ๆ หลาย ๆ อย่างก็ได้ เช่น รูปร่าง, ขนาด, สี, เนื้อภาพ, การเคลื่อนไหว. ตำแหน่งที่อยู่ ตลอดจนลักษณะที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เช่น ลักษณะของฉากที่มีหมากำลังเห่า และมีเสียงรถวิ่งผ่านไป ซึ่งลักษณะที่เป็นนามธรรมมาก ๆ ก็จะทำให้กระบวนการทำงานยากยิ่งขึ้น และจำเป็นต้องมีการ โต้ตอบกับผู้ใช้งานมากกว่าด้วย

นอกจากการบรรยายแล้ว MPEG-7 ยังอาจจะรวมการใช้งานข้อมูลทางมัลติมีเดียอื่น ๆ ไว้อีกด้วยเช่น

- เป็นโครงสร้างลักษณะการเข้ารหัสที่ใช้ เช่น JPEG, MPEG-2
- เงื่อนไขต่าง ๆ ในการเข้าถึง Audiovisual Material เช่น ข้อมูลทางลิขสิทธิ์
- การแบ่งแยกประเภท เช่น การแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา
- การเชื่อมโยงต่อไปยัง Material อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน
- เก็บรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติมแก่ Material

สำหรับมาตรฐาน MPEG-7 นั้น สิ่งต่างๆ ที่กล่าวถึงภายในมาตรฐานอาจจะมีความหมายที่สื่อในทางเฉพาะเจาะจงโดยสามารถอธิบายถึงคำต่าง ๆ ที่ใช้ภายในมาตรฐาน MPEG-7 ได้ดังนี้

1. *Data* เป็นข้อมูลแบบ Audiovisual ซึ่งรวมไปถึงวิดีโอ, ฟิล์ม (ภาพยนตร์), เสียงดนตรี, เสียงเพลง, ตัวอักษร และสิ่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สัญญาณ MPEG-4 หรือ MPEG-2 เป็นต้น
2. *Feature* เป็นลักษณะหรือคุณสมบัติหนึ่งๆ ของข้อมูล (Data) เช่น สี, รูปร่าง, ชื่อเรื่องของภาพยนตร์ ชื่อผู้แต่งหนังสือหรือผู้แต่งเพลง, ระดับสูงต่ำของเสียง เป็นต้น
3. *Descriptor* เป็นตัวบอกหรือแสดงถึงคุณสมบัติ (Feature) ที่มีอยู่ซึ่งคุณสมบัติหนึ่งๆ อาจมีหลาย Descriptor ก็ได้
4. *Description Scheme* เป็นตัวกำหนดโครงสร้างและความหมายของ Descriptor

5. *Description* เป็นการบรรยายหรืออธิบายถึงข้อมูล (Data) โดยจะประกอบด้วย Description Scheme และ Descriptor
6. *Coded Description* เป็น Description ที่ทำการเข้ารหัสแล้ว และพร้อมที่จะถูกส่งไปตามช่องสัญญาณสื่อสาร หรือเก็บลงในอุปกรณ์เก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. *Description Definition Language* เป็นภาษาที่ใช้กำหนด Description Scheme สามารถใช้สร้างหรือดัดแปลงเปลี่ยนแปลง Description Scheme ได้

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่ามาตรฐานแต่ละชุดของ MPEG มีเป้าหมายที่ต่างๆ กัน ดังนั้นการจะนำมาตรฐานมาใช้ จึงต้องพิจารณาการนำไปใช้ เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกี่ยวข้องกับช่องสัญญาณไร้สาย จึงสอดคล้องกับมาตรฐาน MPEG-4 ซึ่งเป็นการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอที่อัตราบิตต่ำมาก อย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาและยังไม่สมบูรณ์ มาตรฐานที่เลือกใช้ จึงเป็นมาตรฐานตระกูล H (ITU-T) ที่สอดคล้องกับการเข้ารหัสแบบอัตราบิตต่ำเช่นเดียวกับ MPEG-4 แต่ได้รับการพัฒนาจนมีแบบจำลองแล้ว ในหัวข้อต่อไปจึงจะกล่าวเกี่ยวกับมาตรฐานตระกูลนี้ที่เกี่ยวข้องกับการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ

2.3 มาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอของ ITU-T

เป็นกลุ่มมาตรฐานตระกูล H ที่เกิดขึ้นกับการทำงานควบคู่ไปกับ MPEG มาตรฐานทั้งสองกลุ่มมีความคล้ายกันมาก ต่างกันที่รายละเอียดการเข้ารหัส ในส่วนนี้จะพิจารณามาตรฐานตระกูล H ซึ่งมีดังนี้

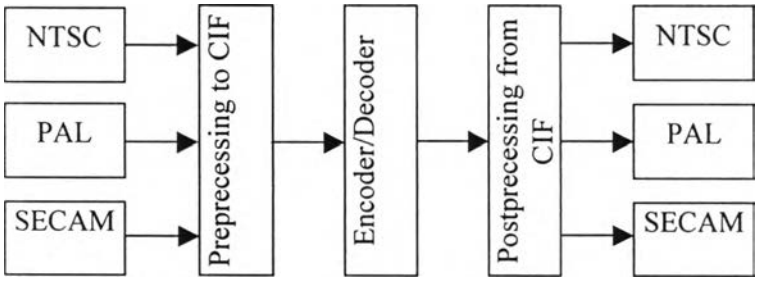
2.3.1 มาตรฐาน H.261

มาตรฐานชุดนี้มีรูปแบบคล้ายกับมาตรฐาน MPEG-1 H.261 นี้เป็นมาตรฐานตระกูลที่จัดตั้งขึ้นเพื่อการสื่อสารที่อัตราบิต *p x 64 Kbps* ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดย ITU-T มีรายละเอียดดังนี้

1.รูปแบบสัญญาณวิดีโอที่ใช้

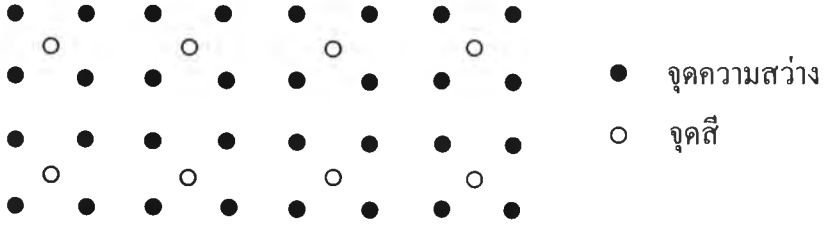
มาตรฐาน H.261 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อโทรศัพท์วิดีโอ (Video Phone) ซึ่งมีการเคลื่อนไหวน้อย จะมีเฉพาะหัวและไหล่ที่เคลื่อนไหว ดังนั้นรูปแบบที่ดีสำหรับมาตรฐานนี้จึงควรเป็นรูปแบบที่ใช้จำนวนข้อมูลน้อยกว่ารูปแบบที่ใช้กันอยู่ในระบบ PAL, NTSC หรือ SECAM ในขณะที่ยังคงคุณภาพที่ยอมรับได้ รูปแบบที่กล่าวถึงนี้ CCITT ให้ชื่อว่าเป็น CIF (Common Intermediate Format) และ QCIF (Quarter CIF) ซึ่งมีความละเอียดลดลงครึ่งหนึ่ง เนื่องจากระบบสื่อสารและการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ ยังใช้ตัวรับภาพในระบบเดิม ดังนั้นรูปแบบ CIF นี้จึงเป็นตัวกลางที่เชื่อมโยงระหว่างระบบสื่อสารเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอและตัวรับภาพ ดังรูปที่ 2.8

รูปแบบ CIF จะมีพารามิเตอร์ดังรูปที่ 2.9 สำหรับส่วนประกอบความสว่าง Y จะมีจำนวนจุดในแนวนอนเป็น 360 จุด และในแนวตั้ง 288 จุด ส่วนในรูปแบบ QCIF จะมีความละเอียดลดลงครึ่งหนึ่ง นั่นคือจำนวนจุดแนวนอนเป็น 180 จุดและในแนวตั้ง 144 จุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอนั้น การประมาณการเคลื่อนไหวอยู่บนพื้นฐานของบล็อกขนาด 16 x 16 จุด ซึ่งต่างจากบล็อกการเข้ารหัสที่มีขนาด 8 x 8 ส่วนประกอบความสว่างจึงถูกตัดเหลือ 352 จุดต่อเส้นและ 288 เส้นต่อภาพสำหรับรูปแบบ CIF และ 176 จุดต่อเส้นและ 144 เส้นต่อภาพสำหรับรูปแบบ QCIF



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลผ่านรูปแบบ CIF

ในส่วนประกอบสีของรูปแบบ CIF และ QCIF (Cb และ Cr) จะมีความละเอียดเป็นครึ่งหนึ่งของส่วนประกอบความสว่าง ดังนั้นส่วนประกอบสี 1 จุด จะอยู่กึ่งกลางของส่วนประกอบความสว่าง 1 จุด การจัดเรียงของสีในรูปแบบ CIF เป็นไปตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งของส่วนประกอบความสว่าง
และส่วนประกอบสีในรูปแบบ CIF

2. <u>รูปแบบการจัดเรียงสัญญาณ</u>

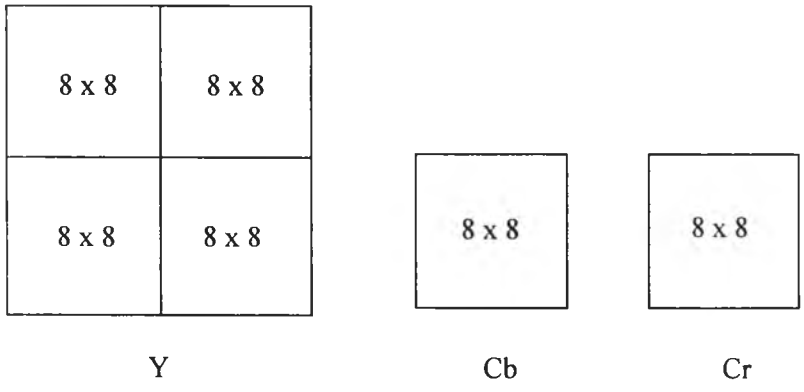
ก่อนที่จะกล่าวถึงเทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐาน H.261 ขอกล่าวถึงรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลในสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสตามลำดับชั้นต่าง ๆ การจัดเรียงข้อมูลรวมทั้งข้อมูลในส่วนหัวของสัญญาณต้องเป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อไม่ให้ตัวถอดรหัสเกิดความสับสน สำหรับรูปแบบ CIF ในส่วนของความสว่างจะแบ่งเป็นลำดับชั้นต่างๆได้ดังนี้

- ชั้นรูปภาพ (Picture layer) จะประกอบไปด้วยจุดขนาด 352 x 288 จุดภาพ
- ชั้นกลุ่มของบล็อก (Group of Blocks layer) แต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยจุดขนาด

176 x 48 จุดภาพ

- ชั้นมาโครบล็อก (Macroblock layer) แต่ละมาโครบล็อกจะประกอบไปด้วยจุดภาพขนาด 16 x 16 จุดภาพ
- ชั้นบล็อก (Block layer) ประกอบไปด้วยจุดภาพขนาด 8 x 8 จุดภาพ

ดังนั้นในหนึ่งภาพจะประกอบไปด้วย 6 กลุ่มของบล็อกในรูปแบบ CIF และ 3 กลุ่ม ของบล็อกในรูปแบบ QCIF ในหนึ่งกลุ่มของบล็อกจะประกอบด้วย 33 มาโครบล็อก และในหนึ่งมาโครบล็อกจะประกอบด้วย 4 บล็อกในส่วนความสว่าง และ1 บล็อกในส่วนประกอบสีซึ่งมี 2 ส่วน เหมือนกันสำหรับ CIF และ QCIF



รูปที่ 2.10 จำนวนบล็อกของจุดในส่วนประกอบต่างๆของมาโครบล็อก ในรูปแบบวิดีโอแบบ CIF

สำหรับในส่วนหัวของข้อมูลที่สำคัญในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ รายละเอียดจะกล่าวอยู่ในภาคผนวก ข

3. ระเบียบวิธีเข้ารหัสสัญญาณ (Source Coding Algorithm)

ในส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการเข้ารหัสที่จะทำให้สัญญาณวิดีโอที่มีขนาดใหญ่สามารถลดขนาดข้อมูลลงเพียงพอที่จะทำการส่งในช่องสัญญาณที่มีแบนวิดท์ต่ำได้ ส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นหัวใจของมาตรฐานการเข้ารหัส ที่จะทำให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพ สำหรับมาตรฐานนี้ การบีบอัดสัญญาณจะทำได้มากกว่า 300: 1 สำหรับรูปแบบ CIF ทั้งในอินเตอร์เฟรมและอินทราเฟรม

ตัวเข้ารหัสตามมาตรฐาน H.261 จะมีเทคนิคหลักๆ อยู่ 2 เทคนิค คือ การเข้ารหัส อินทราเฟรม (Intra frame) และการเข้ารหัสอินเตอร์เฟรม (Inter frame) สำหรับการเข้ารหัสอินทราเฟรมจะใช้ DCT (Discrete Cosine Transform) แบบ 2 มิติ บนพื้นฐานของบล็อกขนาด 8 x 8 จุดภาพในการลดข้อมูลส่วนเกินในเฟรม ส่วนอินเตอร์เฟรมนั้นการเข้ารหัสจะใช้การประมาณและชดเชยการเคลื่อนไหวเป็นหลัก เพื่อลดสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของเฟรมที่อยู่ติดกัน จากนั้นจึงนำส่วนต่าง

ของข้อมูลมาเข้ารหัส DCT อีกครั้ง เนื่องจากจะต้องนำข้อมูลของเฟรมที่ผ่านมา มาเปรียบเทียบส่วนต่างกับเฟรมปัจจุบัน ตัวเข้ารหัสจึงต้องมีทั้งหน่วยความจำ, ส่วนเข้ารหัส DCT และส่วนเข้ารหัส Inverse DCT

ตัวเข้ารหัสในมาตรฐานนี้ เปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบสามารถ ออกแบบพารามิเตอร์และตัวเลือกต่างๆ ในการเข้ารหัสได้อย่างกว้างขวาง เพื่อให้ตัวเข้ารหัสสอดคล้องกับบริการที่นำไปใช้ ไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจใช้อินทราเฟรม หรืออินเตอร์เฟรม, การตัดสินใจใช้การประมาณการเคลื่อนไหว, หรือใช้ตัวกรองย้อนกลับ ตัวเลือกเหล่านี้จะถูกบรรจุลงในส่วนหัวของชั้นมาโครบล็อกในส่วนของ MTYPE ซึ่งเป็นส่วนหัวของชั้นมาโครบล็อกนั่นเอง โดยพื้นฐานแล้วการตัดสินใจใช้อินเตอร์เฟรมหรืออินทราเฟรมขึ้นอยู่กับลักษณะของเฟรม นั่นคือถ้าภาพมีการเคลื่อนไหวน้อยเมื่อเทียบกับเฟรมที่แล้วน้อย การประมาณการเคลื่อนที่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า แต่ถ้าการเคลื่อนไหวมีมาก ทำให้ส่วนต่างที่ได้มีค่ามาก ก็ควรจะใช้อินทราเฟรมมากกว่า สำหรับการเข้ารหัสจะมีส่วนสำคัญต่างๆ ดังนี้

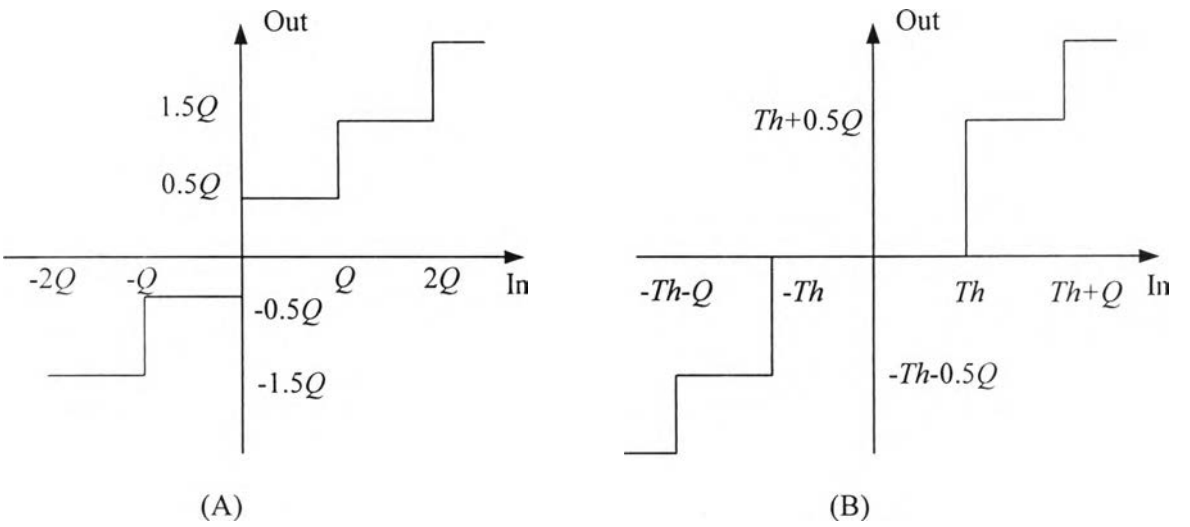
ก. <u>DCT และ อินเวอร์สDCT</u>

เนื่องจาก DCT เป็นระเบียบวิธีที่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ มีอัตราการบีบอัดสูงโดยใช้เครื่องมือที่มีความซับซ้อนน้อย นอกจากนั้นส่วนที่ตัดทิ้งไปก่อให้เกิดความผิดพลาดที่สังเกตได้ยาก ข้อมูลขาเข้าของ DCT 2 มิติที่ใช้ในมาตรฐานนี้จะเป็นบล็อกขนาด 8 x 8 จุด จากนั้นจะถูกควอนไทส์และนำไปใช้คาดการณ์การแคลื่อนไหวในกรณีของอินเตอร์เฟรม วิธีนี้คล้ายกับการเข้ารหัสแบบ DPCM แบบวงรอบ คือสนใจเฉพาะส่วนต่างของสัญญาณ ดังนั้นดังที่กล่าวไปแล้ว ส่วนสำคัญที่จะทำให้กรรมวิธีนี้สำเร็จก็คือ ระบบต้องมีทั้ง DCT และ Inverse DCT ที่มีความผิดพลาดต่ำนั่นเอง

ข. <u>การควอนไทส์และรหัสที่ปรับเปลี่ยนความยาวได้</u>

ในหัวข้อที่ผ่านมา DCT 2 มิติได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวหลักในการบีบอัดข้อมูลในมาตรฐานนี้ รวมทั้งใน MPEG และ JPEG หลังจากที่ผ่านขั้นตอนนี้มาแล้ว สัมประสิทธิ์ DCT จะถูกควอนไทส์ด้วยตัวควอนไทส์หนึ่งใน 31 ตัว แต่ละตัวจะมีการกำหนดจำนวนขั้นต่างๆกัน นอกจากนั้นการจัดเรียงขั้นยังต่างกันสำหรับ อินเตอร์เฟรมและอินทราเฟรม ดังรูป 2.11 ขนาดของขั้นสำหรับตัวควอนไทส์ทั้ง 31 ตัว แสดงในตารางที่ 2.2

จากรูปจะเห็นว่าสำหรับการควอนไทส์สัมประสิทธิ์ DCT ในส่วน DC ของอินทราเฟรมจะใช้ตัวควอนไทส์ที่มีขนาดขั้นเท่าๆ กันทุกขั้น ความกว้างของขั้นจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับตัวควอนไทส์ที่ใช้ โดยไม่มีบริเวณช่องว่าง (Dead Zone) ในช่วงกลาง ในขณะที่สำหรับสัมประสิทธิ์ DCT ในส่วนอื่นๆ จะมีบริเวณช่องว่างบริเวณส่วนกลาง ซึ่งมีความกว้าง = $2Th$ *เมื่อ* Th คือค่าระดับการตัดสินใจ (Threshold)



รูปที่ 2.11 ระดับการทำควอนไทส์ของ มาตรฐาน H.261 และ H.263 โดย
(A) เป็นแบบระดับเท่ากันสำหรับส่วนDC ของอินทราเฟรม
(B) เป็นแบบระดับไม่เท่ากันสำหรับส่วนAC ของอินทราเฟรมและอินเตอร์เฟรม

จากตารางการทำควอนไทส์จะเห็นว่า ตัวควอนไทส์ ที่มีค่าหมายเลขมากๆ จะมีลักษณะขั้นที่หยาบกว่าตัวควอนไทส์ที่มีค่าหมายเลขน้อยๆ ดังนั้นถ้าจะเลือกใช้ตัวควอนไทส์ที่มีค่า n มาก ขนาดของข้อมูลที่ได้จะเล็กกว่า อัตราบิตก็จะน้อยกว่าด้วย เมื่อต้องการส่งข้อมูลวิดีโอผ่านเครือข่ายก็จะใช้แบนวิดท์น้อยกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนขั้นที่หยาบกว่า คุณภาพของสัญญาณจึงด้อยกว่ากรณีที่ใช้ตัวควอนไทส์ที่มีค่า n น้อยๆ

ข้อมูลเกี่ยวกับตัวควอนไทส์จะอยู่ในส่วนหัวของข้อมูลในชั้นกลุ่มของบล็อกในส่วนของ GQUANT และในชั้นมาโครบล็อกในส่วน MQUANT โดย GQUANT จะเป็นค่าเริ่มต้นแล้วแต่ละมาโครบล็อกจะมีค่านี้เป็นของตัวเองโดยเก็บอยู่ใน MQUANT

การใช้รหัสที่มีความยาวเปลี่ยนแปลงได้ (Variable Length Code) จะทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลขาเข้าเป็นรหัสที่มีความยาวปรับเปลี่ยนได้ขึ้นกับความถี่ในการเกิดข้อมูลนั้นๆ โดยอาศัยตารางที่ถูกกำหนดไว้แล้ว ขั้นตอนนี้จะทำให้ใช้จำนวนข้อมูลสอดคล้องกับข่าวสารที่ได้รับ วิธีการนี้เหมือนกับในมาตรฐาน JPEG อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน MPEG แล้ว ตารางดังกล่าวของมาตรฐาน H.261 จะมีจำนวนขั้นน้อยกว่า

นอกจากนี้ยังมีตัวเลือกอีกหนึ่งตัวที่มีบทบาทสำคัญในมาตรฐานเช่นกัน นั่นคือ ตัวกรองย้อนกลับ (Loop filter) แต่เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะอ้างอิงมาตรฐาน H.263 ซึ่งได้ตัดตัวเลือกนี้ออกไปจึงไม่ขอกล่าวถึง ณ ที่นี้

ตารางที่ 2.2 ค่าระดับการทำควอนไทส์ในมาตรฐาน H.261 และ H.263

	Q_n								
Q_I	1	2	3	4	...	9	...	30	31
-127	-255	-509	-765	-1019	...	-2048	...	-2048	-2048
-126	-253	-505	-759	-1011	...	-2048	...	-2048	-2048
.	.	.	.	.		.		.	.
.	.	.	.	.	...	.	...	.	.
.	.	.	.	.		.		.	.
-3	-7	-13	-21	-27	...	-63	...	-209	-217
-2	-5	-9	-15	-19	...	-45	...	-149	-155
-1	-3	-5	-9	-11	...	-27	...	-89	-93
0	0	0	0	0	...	0	...	0	0
1	3	5	9	11	...	27	...	89	93
2	5	9	15	19	...	45	...	149	155
3	7	13	21	27	...	63	...	209	217
.	.	.	.	.		.		.	.
.	.	.	.	.	...	.	...	.	.
.	.	.	.	.		.		.	.
56	113	225	339	451	...	1017	...	2047	2047
57	115	229	345	459	...	1035	...	2047	2047
.	.	.	.	.		.		.	.
.	.	.	.	.	...	.	...	.	.
.	.	.	.	.		.		.	.
126	253	505	759	1011	...	2047	...	2047	2047
127	255	509	765	1019	...	2047	...	2047	2047

2.3.2 มาตรฐานวิดีโออัตราบิตต่ำของ ITU-T (H.263)

หลังจากออกมาตรฐาน H.261 แล้ว ITU-T รู้จักกันในนาม CCITT เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ทำการพัฒนารูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอแบบอัตราบิตต่ำ ได้ร่วมมือกับ MPEG สร้างรูปแบบหนึ่งของวิดีโอที่มีความเหมาะสมที่จะใช้บนระบบเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะสำเร็จในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1995 และออกเป็นมาตรฐานเป็นผลสำเร็จ ให้ชื่อว่า H.263 แบบจำลองการทดสอบได้ถูกสร้างขึ้นเรียกว่า TMN1 ถึง TMN5 (Test Model for near-term solution) เพื่อเป็นตัวอ้างอิงสำหรับการเข้ารหัส TMN5 มีขึ้นตั้งแต่เดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1995 ได้รวมเอารายละเอียดต่างๆ ของการเข้ารหัสไว้ด้วยกัน โดยพัฒนามาจากแบบจำลองอ้างอิงหมายเลข 8 ซึ่งใช้อ้างอิงการเข้ารหัส H.261 จะมีส่วนที่เพิ่มเข้ามาดังนี้

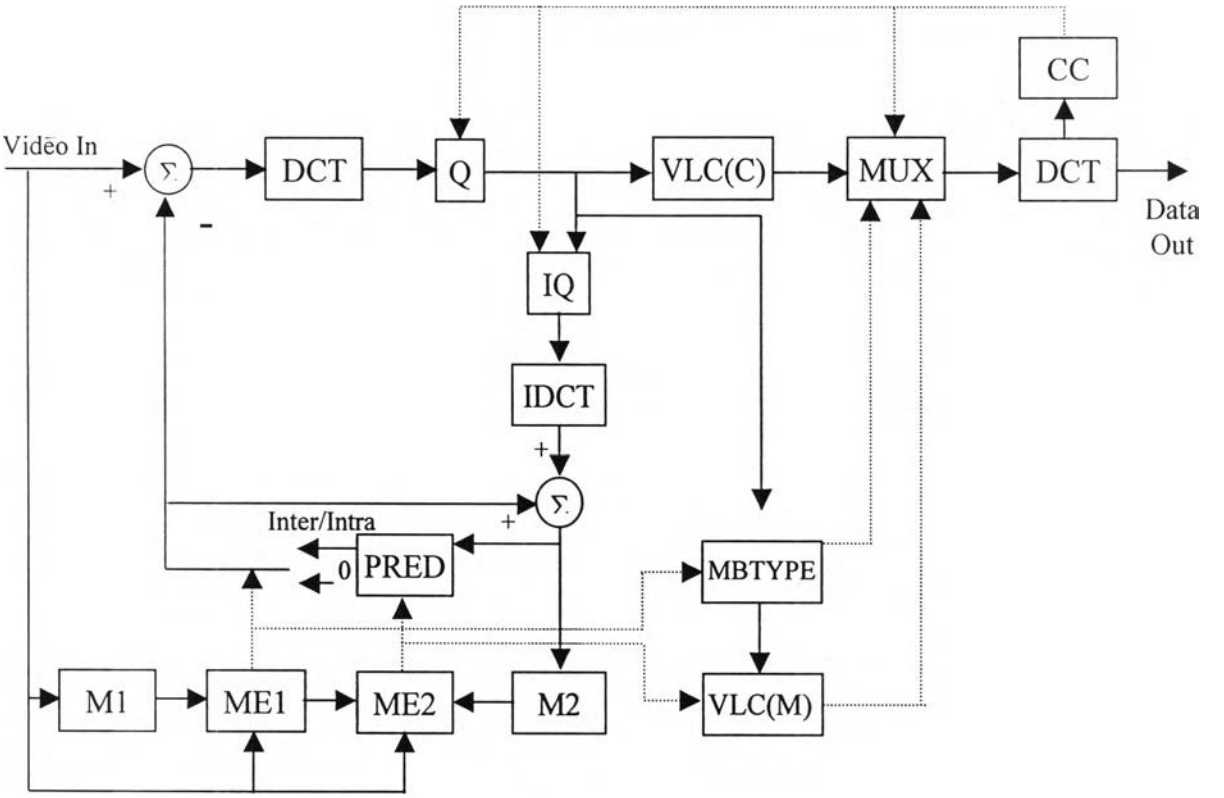
- เพิ่มรูปแบบสัญญาณวิดีโอขึ้น จากเดิมที่มีเพียง CIF และ QCIF โดยรูปแบบที่เพิ่มเข้ามาคือ Sub-QCIF, 4-CIF และ 16-CIF ซึ่งจะมีความละเอียดของภาพเป็นจำนวนเท่าของ CIF
- เพิ่มโหมดการคำนวณเวกเตอร์การเคลื่อนไหวแบบไม่จำกัด (Unrestricted Motion Vector Mode) นั่นคือ ถ้าเวกเตอร์การเคลื่อนไหวชี้ออกจากพื้นที่ของภาพ ให้นำจุดบริเวณขอบมาใช้แทน

- เพิ่มโหมดประมาณการเคลื่อนไหวชั้นสูง (Advanced Prediction Mode) คือ โหมดประมาณการเคลื่อนไหวแบบครึ่งจุด (Half-pixel Motion Estimation) และโหมดประมาณการเคลื่อนไหวบนพื้นฐานของมัธยฐาน (Median-based Motion Prediction)
- โหมดการใช้เวกเตอร์การเคลื่อนไหว 4 ตัว ต่อมาโครบล็อก
- โหมดชดเชยการเคลื่อนไหวแบบซ้อนทับบล็อก
- ใช้โหมด SAC (Syntax-based Arithmetic Coding) ทำให้เราสามารถปรับตารางรหัสปรับเปลี่ยนความยาวได้
- ใช้การคาดการณ์ 2 ทิศทาง (PB-frame mode) เหมือนในมาตรฐาน MPEG
- ใช้ตัวควอนไทส์แบบถ่วงน้ำหนักสำหรับเฟรมคาดการณ์ 2 ทิศทาง (B-frame)
- ไม่มีตัวกรองย้อนกลับและไม่มีการกำหนดตำแหน่งบล็อกในส่วนหัว
- มีส่วนหัวที่เพิ่มเข้ามาเกี่ยวกับรูปแบบของการเข้ารหัสมาโครบล็อกสำหรับแต่ละบล็อก โดยจะอยู่ในส่วน CBBY สำหรับส่วนประกอบความสว่างและอยู่ในส่วน MCBPC สำหรับส่วนประกอบสี
- มีการใช้ส่วนต่างของข้อมูลตัวควอนไทส์ในชั้นมาโครบล็อก และมีการใช้ข้อมูล 5 บิต ของตัวควอนไทส์ในชั้นกลุ่มของบล็อก และชั้นรูปภาพ
- ใช้รหัสที่ปรับเปลี่ยนความยาวได้แบบ 3 มิติ สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณที่ผ่านการทรานส์ - ฟอร์มแล้ว และมีตารางรหัสปรับความยาวได้ของเฟรมคาดการณ์สองทิศทาง

การเข้ารหัสมีขั้นตอนในการเข้ารหัสดังรูปที่ 2.12 ส่วนต่างๆที่เพิ่มเข้ามาในมาตรฐานนี้จะช่วยให้การเข้ารหัสมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การใช้โหมดประมาณการเคลื่อนไหวบนพื้นฐานของมัธยฐาน จะทำให้จำนวนบิตที่ใช้สำหรับเวกเตอร์การเคลื่อนไหวน้อยลง ในกรณีของการใช้เวก-เตอร์การเคลื่อนไหว 1 ตัวต่อมาโครบล็อก เวกเตอร์ดังกล่าวจะใช้กับบล็อกทั้ง 4 ของส่วนประกอบความสว่าง ส่วนเวกเตอร์การเคลื่อนไหวสำหรับส่วนประกอบสี ได้มาจากการหารค่าของเวกเตอร์ของส่วนประกอบความสว่างด้วย 2 เนื่องจากความละเอียดของส่วนประกอบสีน้อยกว่าความสว่าง การชดเชยการเคลื่อนไหวจะเป็นแบบครึ่งจุดโดยการสอดแทรกแบบทวิเชิงเส้น (Bilinear Interpolation) นอกจากตัวเลือกนี้แล้วยังมีตัวเลือกอื่นที่เพิ่มขึ้นมา เช่น การอนุญาตให้ใช้เวกเตอร์การเคลื่อนไหวไม่มีเงื่อนไข (Unrestricted Motion Vector) คือให้เวกเตอร์การเคลื่อนไหวสามารถชี้ออกนอกกรอบของรูปภาพได้หรือการใช้โหมด SAC เพื่อปรับปรุงการใช้ตารางรหัสปรับเปลี่ยนความยาวเพื่อลดจำนวนบิตที่ใช้ รวมทั้งการคาดการณ์การเคลื่อนไหวแบบ 2 ทิศทาง สำหรับอิน - ทราเฟรมแบบสองทิศทาง

เนื่องจากมาตรฐานนี้ ได้รับการพัฒนามานานจนมีแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งระเบียบการเข้ารหัสและเป้าหมายของมาตรฐาน ยังสอดคล้องกับวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำหรือวิดีโอที่ใช้สำหรับส่งในช่องสัญญาณที่มีแบนวิดท์แคบซึ่งสอดคล้องกับช่องสัญญาณไร้สาย วิทยานิพนธ์

ฉบับนี้จึงจะใช้มาตรฐาน H.263 เป็นมาตรฐานในการอ้างอิงการเข้ารหัสแบบอัตราบิตต่ำ ซึ่งการเข้ารหัสของมาตรฐานนี้จะยังคงอยู่บนพื้นฐานของบล็อกเช่นเดียวกับ H.261 แต่อัตราบิตเป้าหมายจะต่ำกว่า H.261 ส่วนระเบียบวิธีเข้ารหัส ยังคงใช้ DCT แบบ 2 มิติ เช่นเดียวกับ H.261 รวมทั้งตารางการทำควอนไทส์ซึ่งอยู่ในตารางที่ 2.2 ด้วย ถึงแม้ว่ามาตรฐานจะถูกกำหนดไว้และมีแบบจำลองค่อนข้างตายตัว ส่วนต่างๆที่เพิ่มเข้ามาในมาตรฐานนี้ยังคงสามารถ ปรับเปลี่ยนได้ เช่น โหมดการใช้เวกเตอร์การเคลื่อนไหว, รูปแบบของสัญญาณวิดีโอ หรือตัวควอนไทส์ที่ใช้เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับรูปแบบการเข้ารหัสให้สอดคล้องกับสภาพของช่องสัญญาณในเวลาหนึ่งๆ ดังนั้นพารามิเตอร์ที่จะทำการปรับเปลี่ยนจะเกี่ยวข้องกับอัตราบิตและคุณภาพของสัญญาณวิดีโอเป็นสำคัญ พารามิเตอร์ดังกล่าวมีดังนี้



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐาน H.263 [1]

1. *การเลือกโหมดการเข้ารหัส* ว่าจะใช้เฟรมใดๆ เป็นเฟรมอ้างอิงหรือเฟรมคาดการณ์ พารามิเตอร์นี้จะช่วยกู้สัญญาณคุณภาพต่ำกลับคืนมา
2. *การเลือกตัวควอนไทส์* จะมีผลต่อความละเอียดของภาพ
3. *การเลือกจำนวนเฟรมที่กระโดดข้าม* จะมีผลต่อความต่อเนื่องของสัญญาณภาพ

พารามิเตอร์ทั้งสามนอกจากจะส่งผลต่อคุณภาพของสัญญาณวิดีโอแล้ว ยังช่วยในการปรับอัตราบิตให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณขณะส่งด้วย รายละเอียดของพารามิเตอร์ทั้งสามจะอยู่ในบทถัดไป

2.4 การวัดคุณลักษณะของสัญญาณวิดีโอ

สัญญาณวิดีโอโดยทั่วไปจะมีพารามิเตอร์ที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของสัญญาณดังนี้

2.4.1 *อัตราบิต (Bit Rate)* ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บ่งบอกจำนวนข้อมูลที่ใช้ต่อช่วงเวลาหนึ่งๆ ในการแสดงผล กล่าวคือ เป็นตัวแปรที่บอกขนาดข้อมูลต่อสัญญาณวิดีโอความยาวคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งถ้าค่าอัตราบิตมาก คุณภาพหรือความคมชัดของสัญญาณก็ย่อมมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ใช้ข้อมูลจำนวนมากด้วย

2.4.2 *ค่าอัตราส่วนกำลังของสัญญาณวิดีโอต่อกำลังของสัญญาณรบกวน (Power Signal to Noise Ratio)* เป็นพารามิเตอร์บ่งบอกประสิทธิภาพของตัวเข้ารหัสหลัก ว่าสามารถทดแทนสัญญาณภาพเดิมได้ดีเพียงใดสำหรับอินทราเฟรม และนอกจากนั้นจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการประมาณการเคลื่อนไหว ในกรณีของอินเตอร์เฟรม ค่าดังกล่าวสามารถบอกประสิทธิภาพของการเข้ารหัสได้ โดยมีความหมายต่างกับกรณีของช่องสัญญาณซึ่งวัดค่ากำลังของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณ

2.4.3 *ค่าอัตราบิตผิดพลาด (Bit Error Rate)* เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบบิตของสัญญาณก่อนทำการส่งในช่องสัญญาณกับสัญญาณที่ได้รับในภาครับ กล่าวคือเป็นตัวแปรที่บ่งบอกคุณภาพของการส่งนั่นเอง

2.4.4 *ค่าคะแนนการสังเกต (Subjective Test)* เป็นค่าใช้ร่วมกับค่าอัตราส่วนกำลังสัญญาณวิดีโอต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของสัญญาณวิดีโอ จากการให้คะแนนของผู้สังเกต ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ สัญญาณวิดีโอจะถูกแบ่งชั้นตามสิ่งที่มนุษย์สามารถสังเกตโดยตรง

2.5 ระบบการสื่อสารไร้สาย

2.5.1 ความเป็นมา

ในขณะที่เทคโนโลยีการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอพัฒนาไปสู่การเข้ารหัสเพื่อการสื่อสารดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เทคโนโลยีการสื่อสารก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดรับกับบริการใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น จากการสื่อสารในอดีตที่อยู่บนพื้นฐานของเครือข่ายโทรศัพท์ หรือเครือข่ายมีสาย ปัจจุบันผู้ให้บริการได้นำเอาระบบสื่อสารไร้สายมาให้บริการ และระบบดังกล่าวก็ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตอย่างมาก บริการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น วิทยุติดตามตัว(Pager) หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone) เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย และความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้จากทุกๆ บริเวณทั่วโลก

ระบบสื่อสารไร้สายเริ่มพัฒนาจากการใช้ในวงการทหาร จนขยายวงกว้างออกมาสู่ผู้ใช้บริการทั่วไป ระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันอยู่บนพื้นฐานของระบบเซลลูลาร์ เช่น AMPS, GSM เป็นต้น โดยมีหลักการคร่าวๆ คือ การแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นส่วนๆ ที่เรียกว่า

เซลล์ (Cell) แล้วให้แต่ละส่วนมีสถานีฐานเพื่อใช้เชื่อมต่อการสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในพื้นที่นั้นๆ การแบ่งความจุของระบบเพื่อให้บริการของสถานีฐานอาจแบ่งตามเวลา (Time Division Multiple Access, TDMA), ตามความถี่ (Frequency Division Multiple Access, FDMA) หรือตามการเข้ารหัส (Code Division Multiple Access, CDMA) ซึ่งคาดว่าจะได้รับความนิยมในระบบการสื่อสารยุคที่ 3 ก็ ในปัจจุบันระบบส่วนใหญ่ยังคงให้บริการเสียงพูดเป็นหลัก อย่างไรก็ตามก็ยังมีบริการเสริมต่างๆ เช่น การส่งข้อความสั้นๆ, การโอนเงินผ่านเครือข่าย, บริการประชุม หรือจะเป็นบริการที่กำลังอยู่ในขั้นพัฒนาอย่างระบบเชื่อมโยงกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (WAP) เป็นต้น

เมื่อการสื่อสารพัฒนาสู่เครือข่ายไร้สาย ระบบจะต้องเผชิญกับปัญหาที่เกิดขึ้นมากมาย เนื่องจากเงื่อนไขของการสื่อสารที่เปลี่ยนไป จากเดิมสัญญาณจะถูกส่งผ่านสายนำสัญญาณไปสู่ผู้รับ กลายเป็นสัญญาณจะถูกส่งผ่านอากาศซึ่งมีสมบัติไม่แน่นอนไปสู่ผู้รับ ทำให้การควบคุมทั้งกำลังและทิศทางทำได้ยากขึ้น การกระจายของสัญญาณในหลายทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณจากสถานีฐานสู่เครื่องลูกข่ายหรือในทางกลับกัน จะก่อให้เกิดการแพร่ (Spread) เนื่องจากการกระจายของคลื่นใน 3 ลักษณะ

1) *การแพร่แบบดอปเปลอร์ (Doppler Spread)* เป็นการลดทอนทางเวลาที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเครื่องลูกข่ายและสภาพของสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น ถ้าเราถือว่าการกระจายของสัญญาณเป็นแบบสม่ำเสมอ กำลังสัญญาณที่ย่านความถี่ปกติของสนามไฟฟ้าในแนวดิ่งที่รับได้ เนื่องจากจังหวะต่อเนื่องของคลื่นสัญญาณ จะเป็นรูปตัวU [2] เรียกว่า สเปกตรัมคลาสิก (Classical Spectrum) ผลของการแพร่จะขึ้นกับความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างสถานีฐานกับเครื่องลูกข่าย การแพร่แบบนี้สามารถบ่งชี้ **การเกี่ยวเนื่องเชิงเวลา (Coherence Time)** ของช่องสัญญาณได้ นั่นคือ การแพร่แบบดอปเปลอร์มีมากเท่าใด การเกี่ยวเนื่องทางเวลาก็มีน้อยเท่านั้น

2) *การแพร่แบบประวิงเวลา (Delay Spread)* เป็นการลดทอนทางความถี่ที่เกิดจาก propagation หลายทิศทาง สัญญาณจะไปถึงผู้รับด้วยเวลาที่ต่างๆกัน และมีกำลังไม่เท่ากัน โดยปกติแบบจำลองจะเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลลบสองชั้น (Double Negative Exponential) ผลของการแพร่จะมากขึ้นเมื่อการประวิงเวลาระหว่างเส้นทางต่างๆ มากขึ้น การแพร่แบบนี้สามารถบ่งชี้ **การเกี่ยวเนื่องเชิงความถี่ (Coherence Frequency)** ของช่องสัญญาณได้นั่นคือ การแพร่แบบประวิงเวลามีมากเท่าใด การเกี่ยวเนื่องทางความถี่ก็มีน้อยเท่านั้น

3) *การแพร่เชิงมุม (Angle Spread)* เป็นการลดทอนเชิงระยะทางที่เกิดจากการรับสัญญาณในมุมที่ต่างๆกันของสายอากาศ ทั้งนี้การแพร่นอกจากจะเกิดจากมุมการรับต่างๆ ของสายอากาศแล้ว ยังเกิดจากการกระจายหลายทิศทางของสัญญาณอีกด้วย ผลของการแพร่แบบนี้จะสอดคล้องกับการแพร่แบบประวิงเวลา โดยถ้าการประวิงเวลาคงที่ แบบจำลองจะเป็นการกระจายแบบวงรี การแพร่แบบนี้สามารถบ่งชี้ **การเกี่ยวเนื่องเชิงระยะทาง (Coherence Distance)**

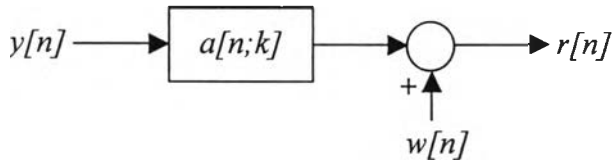
ของช่องสัญญาณได้ นั่นคือ การแพร่เชิงมุมมีมากเท่าใด การเกี่ยวเนื่องเชิงระยะทางก็มีน้อยเท่านั้น

สำหรับในงานวิจัยฉบับนี้ จะพิจารณาการเกี่ยวเนื่องเชิงเวลาเป็นหลัก นั่นคือ การแพร่แบบดอปเปลอร์ ซึ่งลักษณะการลดทอนจะมีการกระจายความน่าจะเป็นแบบเรเลย์ ซึ่งแบบจำลองการลดทอนดังกล่าวจะอยู่ในหัวข้อถัดไป

2.5.2 แบบจำลองระบบและแบบจำลองการลดทอน

แบบจำลองของช่องสัญญาณไร้สายระหว่างผู้รับและผู้ส่งคู่ใดๆ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนของตัวกรองเชิงเส้นที่เปลี่ยนแปลงทางเวลาซึ่งสอดคล้องกับผลกระทบของการลดทอนหลายทิศทางในตัวกลาง อีกส่วนหนึ่ง คือ ส่วนของสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้น แบบจำลองดังกล่าวอยู่ในรูปที่ 2.13 โดยสัญญาณขาเข้า $y(n)$ จะให้ผลตอบ $r(n)$ คือ

$$r[n] = \sum_k a[n;k]\,y[n-k] + w[n] \qquad (2\text{-}1)$$



รูปที่ 2.13 แบบจำลองสำหรับช่องสัญญาณลดทอน

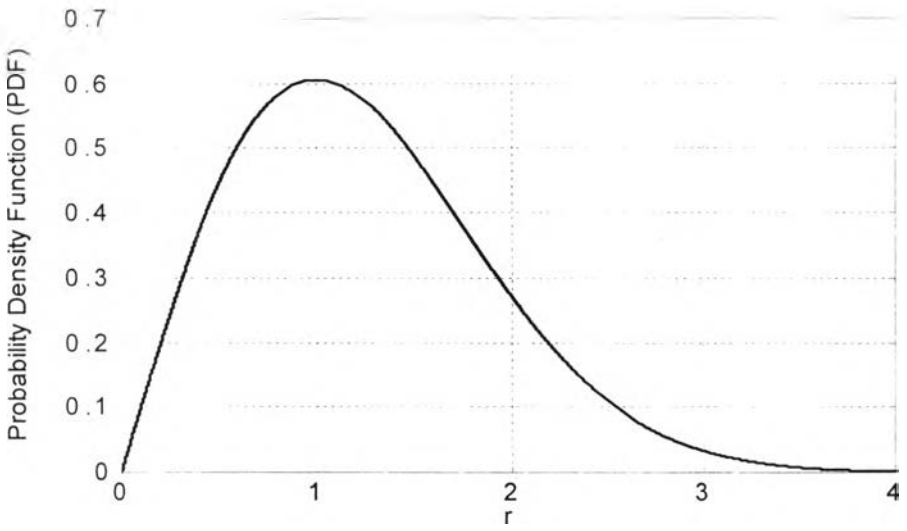
เมื่อ $w[n]$ คือสัญญาณรบกวนที่เพิ่มเข้ามาขณะกำลังส่ง และ $a[n;k]$ หมายถึง ผลตอบของการลดทอนที่เวลา n ของสัญญาณขาเข้าที่เวลา $n-k$ และเพื่อความง่ายในการสร้างแบบจำลองของสัญญาณรบกวน เราจะถือว่า $w(n)$ มีค่าเฉลี่ยสัญญาณเป็นศูนย์ และเป็นสัญญาณรบกวนแบบ Guassian ที่มีค่าความแปรปรวนดังนี้

$$E[\,w(n)^2\,] = N_0 W_0 \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ W_0 คือขนาดของแบนวิดท์ของระบบ

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เราจะมุ่งความสนใจไปที่การแก้ปัญหาลดทอนเชิงเวลา ซึ่งจะมีการกระจายเชิงเวลาเป็นแบบเรเลย์ สอดคล้องกับช่องสัญญาณไร้สาย โดยมีสมการการกระจายดังนี้ (σ_0 เป็นพารามิเตอร์ความแปรปรวนของการกระจาย)

$$\left.\begin{aligned} f_R(r) &= \frac{r}{\sigma_0}\exp\left[\frac{-r^2}{2\sigma_0}\right] && \text{สำหรับ } 0 \le r \le \infty \\ &= 0 && \text{สำหรับ } r < 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2\text{-}3)$$



รูปที่ 2.14 การกระจายความน่าจะเป็นแบบเรเลย์

2.6 การควบคุมการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดบนช่องการสื่อสารไร้สาย

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งผ่านไปในช่องสัญญาณไร้สายนั้น จะได้รับผลกระทบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นปัจจัยสำคัญก็คือ ข้อมูลที่ส่งไปจะได้รับการปกป้องจากผลกระทบต่างๆ หรือสามารถปกปิดส่วนที่ผิดพลาดจากการรับรู้ของผู้ใช้บริการได้อย่างเหมาะสม ภายในเวลาที่ยอมรับได้ วิธีการปกปิดหรือแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดในข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.6.1. การควบคุมความผิดพลาดแบบวงรอบเปิด (Opened-loop Error Control)

หลักการก็คือ พยายามทำให้ข้อมูลที่ส่งไปสามารถแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดได้ด้วยตัวข้อมูลเอง วิธีนี้จะต้องใช้การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบแก้ไขความผิดพลาด (Error Correction Channel Coding) นั่นก็คือการใช้ FEC (Forward Error Correction) เพิ่มเข้าไปให้ส่วนหัวของข้อมูล การเข้ารหัสช่องสัญญาณที่นิยมใช้ เช่น Reed-Solomon เป็นต้น วิธีนี้มีข้อได้เปรียบเป็นอย่างมากในด้านความเร็ว เนื่องจาก สัญญาณที่ผิดพลาดจะสามารถได้รับการแก้ไข โดยไม่ต้องการข้อมูลจากทางด้านส่งเลย อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะมีขีดจำกัดในการแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดได้จำนวนหนึ่งเท่านั้น ถ้าส่วนที่ผิดพลาดมีมากเกินความสามารถของการเข้ารหัส ส่วนที่ผิดพลาดจะไม่สามารถได้รับการแก้ไข นอกจากนั้นการออกแบบระบบเพื่อใช้งานจริงจะมีความยุ่งยากอยู่มาก เนื่องจากสัญญาณจะต้องผ่านกระบวนการเติมส่วนหัวซึ่งทำให้สัญญาณที่ได้รับการเข้ารหัสแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการบีบอัดจะต่ำลง และอัตราบิตจะเพิ่มขึ้นอีกด้วย วิธีนี้เหมาะกับความผิดพลาดในช่องสัญญาณที่มีลักษณะกระจายเป็นช่วงๆ และไม่มาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจต้องอาศัยส่วนหัวจำนวนมาก ทำให้ใช้แบนวิดท์ได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

2.6.2. การควบคุมความผิดพลาดแบบวงรอบปิด (Closed-loop Error Control)

หลักการก็คือ เมื่อความผิดพลาดเกิดขึ้นในสัญญาณ ผู้รับจะทำการส่งข้อมูลไปบอกทางผู้ส่งให้ส่งข้อมูลในส่วนนั้นๆ กลับมาใหม่ วิธีนี้ทางด้านของผู้ส่งจะมีที่พักข้อมูลชั่วคราว เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ส่งไปแล้ว จนกว่าจะได้การตอบรับจากผู้รับว่าข้อมูลดังกล่าวไปถึงโดยไม่มีความผิดพลาด ไม่เช่นนั้นจะทำการส่งข้อมูลไปใหม่ วิธีนี้การออกแบบระบบจะทำได้ง่าย เนื่องจากไม่ต้องใช้การคำนวณที่ซับซ้อน นอกจากนั้นเนื่องจากไม่จำเป็นต้องเพิ่มสิ่งใดให้กับสัญญาณ ดังนั้นวิธีนี้จะใช้แบนวิดท์น้อยกว่าวิธีแรก อย่างไรก็ตามข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือเมื่อ ต้องส่งข้อมูลอีกครั้งจะทำให้ บางครั้งเวลาที่ใช้ไปมากเกินกว่าจุดที่ยอมรับได้ ผู้ใช้ก็จะเห็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น วิธีนี้เหมาะกับสัญญาณที่มีความผิดพลาดเป็นกลุ่มในช่วงเวลาจำกัด

2.7 ปริทัศน์วรรณกรรม (Literature Review)

สำหรับในส่วนนี้ เราจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบส่งสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐานต่างๆ บนเครือข่ายแบบต่างๆ อันดับแรกจะขอกล่าวถึงงานวิจัยที่เป็นการนำเอามาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอมาดัดแปลงเพื่อประโยชน์ต่างๆ เช่น การดัดแปลงตัวเข้ารหัส MPEG-4 เป็นแบบประมวลผลขนาน (Parallel Processing) เพื่อความเร็วในการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอของ Yong He, Ahmad, L [6] หรือการปรับข้อมูลในเฟรมอ้างอิงตามลักษณะภาพภายในเฟรม โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion Analysis) เพื่อลดอัตราบิตที่ต้องใช้ต่อเฟรมอ้างอิงในมาตรฐาน MPEG ของ Lan, Nguyen และ Jenq-Neng [7] เนื่องจากความต้องการประสิทธิภาพของตัวประมวลผลที่สูงมากของการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอตามมาตรฐาน MPEG-4 นอกจากนั้นยังมีการปรับมาตรฐานการเข้ารหัสเพื่อให้สัญญาณภาพที่ได้มีคุณภาพสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้ เช่น Meier, Ngam และ Crebbin [8] ได้ใช้การประมวลผลหลังถอดรหัส (Post Processing) ในการขจัดรอยต่อที่เกิดจากการเข้ารหัสบนพื้นฐานของบล็อก หรือวิธีจัดวางตำแหน่งวัตถุในภาพ 2 มิติ ที่เข้ารหัสตามมาตรฐาน MPEG-4 ที่นำเสนอโดย Hao, Lee และ Yang [9] นอกจากการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณในมาตรฐาน MPEG-4 แล้วก็ยังมีการใช้การบิดเบือนอัตราบิต (Rate Distortion) เพื่อเป็นข้อมูลในความพยายามคงค่าอัตราบิตสำหรับวิดีโอกระจายสัญญาณ(Broadcast Video) ตามมาตรฐาน MPEG-2 ของ Hongและ Kim [10] หรือ การนำเสนอเมตริกที่ใช้คูณกับสัมประสิทธิ์ของ DCT เพื่อกำหนดความสำคัญกับสัมประสิทธิ์แต่ละตัวก่อนนำไปทำการควอนไทส์ [11] นอกจากการปรับปรุงคุณภาพของการเข้ารหัสโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเข้ารหัสให้ดีขึ้นแล้ว งานวิจัยในอีกแง่หนึ่ง คือ การปรับปรุงเครื่องมือเพื่อเสริมการเข้ารหัสให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น Hong กับ Kim [12]ได้นำเสนอการบิดเบือนอัตราเพื่อคำนวณจำนวนบิตที่ใช้สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอ MPEG-2 ที่ใช้ตัวควอนไทส์ตัวเดียวกัน

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากการส่งสัญญาณวิดีโอในช่องสัญญาณแบบต่างๆ มีหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบที่ไม่ต้องการข้อมูลใดๆ เพิ่มเติมจากเดิม คือ ใช้วิธีการจัดเรียงลำดับความสำคัญของบิตต่างๆในแต่ละชั้นเพื่อให้เกิดการป้องกันความผิดพลาดที่ไม่เท่ากันสำหรับแต่ละบิตของสัญญาณ (Unequal Error Protection) ร่วมกับระเบียบวิธีการกู้บิตผิดพลาดในเวกเตอร์การเคลื่อนไหวของ Jung, Kim และ Lee [13] หรือการใช้ตัวควบคุมในแต่ละชั้นของโพรโทรคอลสำหรับการส่งสัญญาณวิดีโอ MPEG-2 บนเครือข่ายเอทีเอ็มของ Cuenca, Garrido, Quiles, Orozco และ Barbosa [14] นอกจากนั้นบางครั้งเราอาจทำการปรับปรุงรูปแบบการเข้ารหัสเพื่อปกปิดความผิดพลาดเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Girod และ Farber [15] ซึ่งอาศัยการควบคุมความผิดพลาดจากตัวเข้ารหัสโดยใช้ข้อมูลจากช่องสัญญาณ ประกอบกับเทคนิคการปกปิดความผิดพลาดและการเลือกเฟรมอ้างอิง หรือบางครั้งอาจใช้การแก้ไขความผิดพลาดไปข้างหน้า (Forward Error Correction) คือความพยายามในการเพิ่มส่วนหัวเพื่อให้แก้ไขความผิดพลาดในตัวเองได้ ได้แก่ งานของ Girod และ Farber [16] ซึ่งนำเสนอช่องสัญญาณป้อนกลับร่วมกับการแก้ไขความผิดพลาดไปข้างหน้า และการควบคุมความผิดพลาดแบบวงรอบปิดที่เรียกว่า ARQ (Automatic Repeat reQuest) ในการส่งข้อมูลวิดีโอ H.263 ในช่องสัญญาณ DECT

สำหรับระบบควบคุมความผิดพลาดแบบ ARQ ซึ่งใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ร่วมกับการแก้ไขความผิดพลาดไปข้างหน้าเรียกว่า Hybrid ARQ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ ARQ มีเป็นจำนวนมาก เช่น การวิเคราะห์ศักยภาพของระบบ Hybrid ARQ ในการส่งวิดีโอ H.263 ในช่องสัญญาณไร้สายของ Hang และ El Zarki [17] หรือการเข้ารหัสวิดีโอ QCIF ตามระดับที่พักข้อมูลชั่วคราวของ ARQ บนระบบ CDMA ของ Khansari, Jalali, Dubois และ Mermelstein [18] นอกจากนั้นยังมีการดัดแปลงระบบ Hybrid ARQ เป็นแบบที่ส่วนหัวปรับเปลี่ยนความยาวได้ นั่นคือ Hybrid ARQ แบบที่ 2 โดย Cherriman และHanzo [19] แล้วนำไปใช้กับการส่งสัญญาณวิดีโอแบบเวลาจริงบนระบบ TDMA นอกจากนั้นยังมีการดัดแปลงใช้ระบบนี้เพื่อการส่งภาพนิ่งที่นำเสนอโดย Matoba, Kondo และ Tanaka [20] อีกด้วย

ระบบที่นำเสนอนี้จะใช้ระบบควบคุมความผิดพลาดแบบ Hybrid ARQ ชนิดที่ 1[21] คือส่วนหัวที่ใช้แก้ไขความผิดพลาดมีขนาดคงที่ โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราบิตด้วยพารามิเตอร์สามตัวตามระดับที่พักข้อมูลชั่วคราว [18] รายละเอียดของระบบที่นำเสนอนั้น จะอยู่ในบทถัดไป

I19917454