การควบคุมข้อผิดพลาดของสัญญาณวีดีทัศน์ H.264 แบบเรียลไทม์ ผ่านเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์บนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สาย

ศรัณย์ สิทธิพรหม , นิสิต ศิริมาลย์กิจ, มารุด คำภักดี
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ --- ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการควบคุมข้อผิดพลาดของสัญญาณวีดีทัศน์ H.264 แบบเรียลไทม์ ด้วยวิธี Error Concealment ผ่านเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์บนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สาย เพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียแพ็กเก็ตบนเครือข่าย IP ซึ่งจากการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่ง และลดการสูญเสียแพ็กเก็ตได้ดียิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับการเข้ารหัสสัญญาณวีดีทัศน์แบบ DACV

คำสำคัญ: H.264, error concealment , peer to peer ,การควบคุมข้อผิดพลาด

I. บทนำ

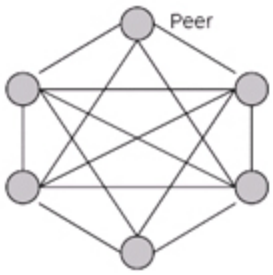
ในอดีตโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สายจะทำได้เพียงการสนทนาผ่านเครือข่ายเซลลูล่าเท่านั้น เมื่อเทียบกับปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สายได้พัฒนาไปเป็นอย่างมากในทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ ซึ่งทำให้สามารถส่งข้อมูลได้หลายหลากช่องทางทั้งบนเครือข่าย IP หรือ Cellular ในรูปแบบ 3G และมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะรับส่งข้อมูลในปริมาณมากเช่นภาพวิดีโอ ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการควบคุมข้อผิดพลาดของสัญญาณวีดีทัศน์แบบ H.264 บนเครือข่าย IP แบบ Peer-to-Peer ซึ่งแม้จะส่งข้อมูลได้ในปริมาณมาก แต่ก็มักจะมีการสูญเสียแพ็กเก็ตขึ้นอยู่เสมอ จากการพัฒนาซอร์ฟแวร์ [1] ได้ทำการเข้ารหัสวีดีทัศน์ DACV สำหรับใช้บนโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ทโฟนในการทำงานแบบ Video Conference แต่ยังขาดการควบคุมข้อผิดพลาดในการส่ง เราจึงได้นำวิธีการ Error Concealment [2] มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของวีดีทัศน์ซึ่งจะทำให้ช่วยลดการสูญเสียของแพ็กเก็ตมากขึ้น

II. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. Peer-to-Peer

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer ได้รับความสนใจ และเข้ามามีบทบาทในการใช้ Internet มากขึ้น เทคโนโลยีนี้ช่วยทำให้ผู้ใช้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล บริการ และ ทรัพยากรอื่นๆในเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่อยู่บนเครือข่ายได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ดังเช่น Napster, Gnutella และ Freenet ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ยอมให้ผู้ใช้ Internet ค้นหาและแลกเปลี่ยนไฟล์ข้อมูลต่างๆระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งกันและกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Central Server) ซึ่งต่างจากระบบ Client-Server ซึ่งต้องมีคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) คอยให้บริการตามคำขอของเครื่องลูกข่าย (Client) ในการขอข้อมูล บริการ และไฟล์ข้อมูล ดังตัวอย่างที่พบเห็นโดยทั่วไปคือ World Wide Web (WWW) ทั่วไปที่มีอยู่โดยผู้ใช้ Internet ซึ่งเปรียบได้เสมือนเครื่องลูกข่าย จะใช้เว็บบราวเซอร์ในการแสดงผลข้อมูลที่มาจากเครื่องแม่ข่าย (Web Server) โดยใช้ โปรโตคอล HTTP เป็นมาตรฐานในการสื่อสาร และมีรูปแบบการแสดงผลเป็นแบบ HTML ซึ่งหากจะเปรียบไปแล้วเทคโนโลยีระบบเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer จะมีการทำงานในลักษณะที่เป็น Decentralization ส่วนระบบ Client-Server มีการทำงานเป็นแบบ Centralization นั้นเอง P2P สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ Pure P2P, Hybrid P2P, และ Super Peer, Pure Peer-to-peer โมเดลแบบ Pure P2P จะมีลักษณะที่ตรงข้ามกับโมเดลแบบศูนย์กลางตรงที่ทุกเพียร์สามารถติดต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้โดยตรงโดยไม่ต้อง

ผ่านเครื่องเซิร์ฟเวอร์กลาง จุดเด่นของโมเดลแบบนี้คือ ความสามารถในการขยายขนาดเครือข่าย ความคงทน (fault tolerant) โดยถ้ามีเพียร์เสียหรือออกไปจากระบบก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวม แต่โมเดลแบบนี้ก็มีข้อจำกัดตรงที่ควบคุมการไหลของข้อมูลได้ยากทำให้มีปัญหา เรื่องการใช้แบนด์วิธสิ้นเปลือง และโมเดลแบบนี้จะมีความปลอดภัยที่ต่ำ เนื่องจากแต่ละเพียร์สามารถเข้าสู่ครือข่ายได้โดยไม่ต้องมีการทำ Authentication (โมเดลแบบนี้ทำ Authentication ได้ยาก) และสามารถที่จะส่งข้อมูลที่อันตรายเข้าสู่เครือข่ายได้โดยง่าย เนื่องจากข้อเสียที่มากของโมเดลแบบนี้ทำให้โมเดลนี้ไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร



รูปที่ 1 Pure Peer-to-Peer Model.

B. A FAST ERROR CONCEALMENT SCHEME

เป็นเรื่องปกติที่แพ็คแก็ตอาจสูญหายบนเครือข่าย IP ในระหว่างการส่ง ดังนั้นการออกแบบระบบส่งวีดีทัศน์ที่เชื่อถือได้บนเครือข่าย IP เกี่ยวข้องกับความซับซ้อนของโครงสร้าง error ปัจจุบันเฟรมการถอดรหัสไม่ได้เพียงแต่มีความสัมพันธ์กับเฟรมก่อนหน้าแต่ยังมีความสัมพันธ์กับเฟรมมุมมองข้างเคียง ใน error concealment, temporal correlation และ spatial correlation มีทั้งประโยชน์ในการพิจารณาที่เฟรมใช้เป็นเฟรมข้อมูลอ้างอิง ข้อมูลที่ได้รับความเสียหายจะถูกแทนที่ด้วยซึ่งสัมพันธ์กับ macroblocks (MB) ในเฟรมอ้างอิง เนื่องจากมีความสัมพันธ์ที่มีอยู่ชั่วขณะที่เห็นได้ชัดในโหมดการกระทำและ disparity vector ที่สอดคล้องกับ MB โดยที่ disparity vector ของ MB ที่ถูกทำลาย สอดคล้องกับ MB เป็นพื้นที่ตำแหน่งเดียวกันกับ MB ที่เสียหายในเฟรมก่อนหน้า โดยขั้นตอนรายละเอียดมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การออกแบบเฟรมปัจจุบันเป็น fc;
เฟรมก่อนหน้าของ fc จะกำหนดให้เป็น fp;
เฟรมก่อนหน้าของ fp จะกำหนดให้เป็น fq;
เฟรมในมุมมองข้างเคียงในเวลาปัจจุบันของ fp กำหนดให้เป็น fn

ขั้นตอนที่ 2 : ความเสียหาย MBs ใน fc จะกำหนดให้เป็น m1,m2, … , mn.
MBs ที่ตำแหน่งของพื้นที่เช่นเดียวกับ m1, m2, …, mn ใน fp กำหนดให้เป็น p1, p2, …, pn;
ในขณะที่ใน fq ถูกกำหนดให้เป็น q1, q2, …, qn;
ใน fn ถูกกำหนดให้เป็น n1, n2, …nn.

ขั้นตอนที่ 3 : การคำนวณความแตกต่างของพิกเซลที่สอดคล้องกันระหว่าง pi และ qi คำนวณหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่าง ผลที่ได้คือ SADq (Sum of absolute difference,SAD).

ขั้นตอนที่ 4 : การคำนวณความแตกต่างของพิ๊กเซลที่สอดคล้องกันระหว่าง pi และ ni คำนวณหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่าง ผลที่ได้คือ SADn

ขั้นตอนที่ 5 : เปรียบเทียบค่าของ SADq และ SADn
หาก SADq $\leq$ SADn ตัดสิน MB pi เป็น inaction MB แล้ว mi เป็น inaction MB ความเสียหาย mi จะถูกแทนที่ด้วย pi สำหรับ error concealment

นอกจากนี้หาก SADq> SADn ตัดสิน MB pi เป็น action MB แล้ว mi เป็น action MB ใช้ disparity vector ของ pi เป็น disparity vector ของ MB mi ที่ถูกทำลาย แล้วจะดำเนินการเรียกคืน[2]

C. Comparison Transmission Technique

โดยการส่งวิดีโอผ่านไอพี สามารถกระทำได้หลายหลากวิธี แต่ทั้งนี้ส่วนใหญ่จะมักพบกับปัญหาหลักๆอยู่ 2 อย่าง คือ ปัญหาแพ็ตเก็ตสูญหาย(Packet Loss) และ ปัญหาความหน่วง (Delay) จึงได้เกิดการแก้ปัญหาด้วยกระบวนต่าง ๆ ซึ่งในย่อหน้านี้ได้แสดงตารางเปรียบเทียบกระบวนการส่งบนเทคนิคที่ได้ศึกษามาดังนี้ FAST ERROR CONCEALMENT [2], Using

Data Partitioning and Unequal Loss Protection[4], Forward Error Correction[5] , OPTIMIZED BUFFERING [6], Overlay tree construction to distribute layered streaming by application layer multicast [7] โดยได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานบนคุณสมบัติของ QoS สำหรับ การส่งวิดีโอผ่านไอพีในเรื่อง ทรูพุท (Throughput) , กลไกการตอบสนองระหว่างclient และ server (Feedback Mechanism) , ความซับซ้อนของการบวนการ (Complexity) , อัตราการส่งที่มีเสถียรภาพ (Stable Transmission Rate) และเสถียรภาพการทำงาน (Stable Operation) โดยได้แบ่งการสื่อสารระหว่างเครื่องออกเป็นสองประเภทคือ Unicast และ Multicast ซึ่งได้ผลการเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเทคนิคการส่งวิดีโอ โดยแยกตามลักษณะของปัญหา และ เปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการแก้ปัญหา

Video Transmission Technique	**Problem**		**Type**		**Performance Features QoS for Video over IP**		
	Packet Loss	**Delay**	**Unicast**	**Multicast**	**Throughput**	**Feedback Mechanism**	**Complexity**
FAST ERROR CONCEALMENT [2]	√			√		√	H
Using Data Partitioning and Unequal Loss Protection [4]	√					√	H
Forward Error Correction [5]		√		√		√	H
OPTIMIZED BUFFERING [6]		√				√	L
Overlay tree construction to distribute layered streaming by application layer multicast [7]		√		√		√	
√ = Yes , X = No , Blank = not mentioned , H= High, L = Low							

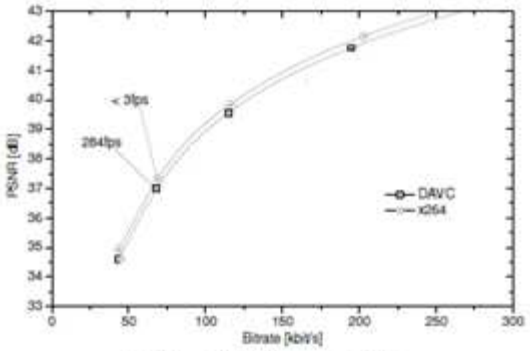
III. วิธีดำเนินการ

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่ามีวิธีการควบคุมข้อผิดพลาดในการส่งวิดีโอผ่านเครือข่ายไร้สายหลากหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้จะนำวิธี FAST ERROR CONCEALMENT[2] มาประยุกต์ใช้ในควบคุมข้อผิดพลาดในสูญเสียแพ็กเก็ตระหว่าง เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการส่งสัญญาณวีดีทัศน์ H.264 ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ บนโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สาย ซึ่งเทียบกับการเข้ารหัสแบบ DAVC [3] โดยใช้การวัดค่าPSNRบนสื่อแบบH.264 แบบ cif ขนาด 300 frames ด้วยความถี่ 30 Hz จำนวน 2 รูปแบบ คือ Foreman และ Akiyo ที่ผ่านการส่งผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่น Asus P735

IV. ผลการดำเนินงาน

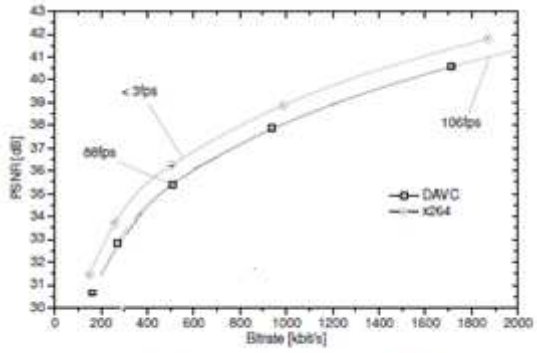
เมื่อเปรียบเทียบค่า PSNR จากการทดสอบบนวิดีโอตัวอย่าง Akiyo แบบ cif ขนาด 300 frames ด้วยความถี่ 30 Hz (ภาพ a) และ Foreman แบบ cif ขนาด 300 frames ด้วยความถี่ 30 Hz (ภาพ b) จะเห็นได้ว่าค่าPSNR ของ H.264 ที่มีการควบคุมความผิดพลาด จะมีค่าPSNR มากกว่าวิธีการเข้ารหัสแบบ DAVC ตามรูปที่ 2

ในรูปที่ 3 เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยPSNR ของ Lotus multi-view ในเครือข่ายของการสูญเสีย อัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตเป็นช่วงตั้งแต่ 1% ถึง 10% ตามแกน x นอกจากนี้ยังแสดงการปกปิดข้อผิดพลาดที่เห็นได้ชัดที่ช่วยเพิ่มคุณภาพของลำดับวิดีโอ



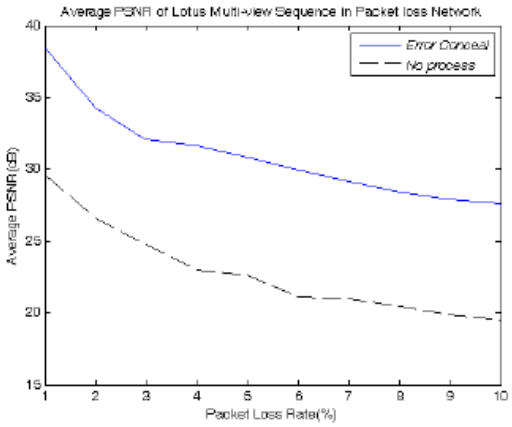
(a) Akiyo (cif, 300 frames at 30 Hz)

รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่า PSNR บนสื่อทดสอบ (a) Akiyo (cif ขนาด 300 frames ด้วยความถี่ 30 Hz)



(b) Foreman (cif, 300 frames at 30 Hz)

รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่า PSNR บนสื่อทดสอบ (b) Foreman (cif ขนาด 300 frames ด้วยความถี่ 30 Hz)



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย PSNR ระหว่าง DAVC ที่ไม่มี error concealment และการนำ H.264 ที่มีการนำ error concealment มาใช้

V. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการเปรียบเทียบการควบคุมข้อผิดพลาดคุณภาพสัญญาณวิดีโอH.264 แบบเรียลไทม์ ผ่านเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์บนอุปกรณ์โทรศัทพ์มือถือ เนื่องจากจำนวนข้อมูลมหาศาลที่เกี่ยวข้องกับส่ง Video Conference บนโทรศัพท์เคลื่อนที่จะถูกส่งผ่าน บนเครือข่ายIP และเกิดการสูญเสียแพ็คเก็ตที่มักจะเกิดขึ้นในเครือข่าย IP นอกจากนี้โครงสร้างวิธีการปกปิดข้อผิดพลาดสำหรับ H.264 บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการส่ง เพื่อแก้ปัญหาการสูญเสียแพ็คเก็ตในเครือข่าย IP ผลการทดลองแสดงว่าการเสนอระบบนี้สามารถนำมาใช้งานได้บนเครือข่าย

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1.) งานวิจัยนี้นำเสนอระบบผ่านเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์เท่านั้น ซึ่งการส่ง Video Conference สามารถนำไปประยุกต์ใช้บนเครือข่ายแบบอื่นๆได้ เช่น ไฮบริดเพียร์ทูเพียร์ หรือ สกายป์

2.) สามารถนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอไปใช้กับร่วมกับวิธีการควบคุมความผิดพลาดวิธีอื่นได้ เช่นวิธีFEC

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถทำได้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ผู้สอนวิชาระเบียบวิธีวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร. จักรชัย โสอินทร์ จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] H.L. Cycon, T.C. Schmidt, G. Hege, M. Wahlisch, D. Marpe, M. Palkow, "Peer-to-peer videoconferencing with H.264 software codec for mobiles," *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008. WoWMoM 2008. 2008 International Symposium on a* , 23-26 June 2008 ,pp.1-6.

[2] Zhou Yuan , ChunPing Hou, Zhigang Jin, Lei Yang, Jiachen Yang and Jichang Guo, "Real-time transmission of high-resolution multi-view stereo video over IP networks," Transmission and Display of 3D Video 3DTV Conference: The True Vision - Capture, 2009 , 4-6 May 2009, pp.1-4.

[3] H.L. Cycon, T.C. Schmidt, G. Hege, M. Wahlisch, D. Marpe, M. Palkow, "An optimized 11.264-based video conferencing software for mobile devices," *Consumer Electronics, 2008. ISCE 2008. IEEE International Symposium on* , 14-16 April 2008, pp.1-4.

[4] Xingjun Zhang, Xiaohong Peng, S. Fowler, Dajun Wu, "Robust H.264/AVC Video Transmission using Data Partitioning and Unequal Loss Protection," *Computer and Information Technology (CIT), 2010 IEEE 10th International Conference on* , June 29 2010 - July 1 2010, pp.2471-2477.

[5] Hojin Ha **,** Changhoon Yim and Young Yong Kim, "Packet loss resilience using unequal forward error correction assignment for video transmission over communication networks," South Korea, August 2007.

[6] T. Shida, T. Sato, H. Nakayama, H. Kosaka, K. Sugiyama, "Robust HD Video Stream Transmission for Wireless DTV," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* , vol.53, no.1, pp.96-99, February 2007.

[7] Su Zhou, M. Oguro, Y. Okada, J. Katto, S. Okubo, "Overlay tree construction to distribute layered streaming by application layer multicast," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* , vol.56, no.3, Aug. 2010, pp.1957-1962.