# โปรโตคอลมาตรฐานสำหรับอินเตอร์เน็ทเทเลโฟนนี*

## (Internet Telephony Protocols)

*สาธิตพงศ์ พุทธิประเสริฐ[1] สินชัย กมลภิวงศ์[2] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ[3]*

*[1]นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

*[3]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

**ABSTRACT -- Internet telephony, also known as voice-over-IP (VoIP) or IP telephony (or IPtel in short), offers an opportunity to design global multimedia communication systems which include voice, video, and image, that may eventually replace the existing telephone infrastructure. Many benefits will be gained by end-users from Internet telephony including low service cost (expect to be *few tens Baht per hour* in stead of few tens Baht per minute as offered by PSTN), more features (Web, email integration, voice mail box), mobility (virtual private home). In this paper, we present the fundamental of how Internet telephony works. Two standards of Internet telephony are described: H.323 developed by ITU (International Telecommunications Union) and SIP (Session Initial Protocol) developed by IETF (Internet Engineering Task Force). Their advantages and disadvantages then are compared. A possibility of interconnection scenarios between H.323 and SIP are given. Applying such two standards for mobile phones as well as development tools for IP telephony are presented.**

**KEYWORDS --** VoIP, IP Telephony, voice over IP, H.323, SIP

**บทคัดย่อ -- เทคโนโลยี Internet Telephony (หรือเรียกว่า VoIP (Voice over IP) หรือ IPTel) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับการสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia) เช่นการสื่อสารด้วยเสียง ภาพ และ วิดีทัศน์ (Video) และเป็นที่คาดว่าเทคโนโลยีนี้จะมาทดแทนระบบเครือข่ายโทรศัพท์ในปัจจุบัน ผู้ใช้จะได้ประโยชน์จากการใช้งาน Internet Telephony หลายประการเช่น ราคาต่ำกว่า (คาดว่าราคาจะตกอยู่ในหลักสิบบาทต่อชั่วโมงแทนที่จะเป็นหลักสิบบาทต่อนาที) การให้บริการได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้งานร่วมกับ web email หรือ กล่องไปรษณีย์เสียง (voice mail box) ไม่จำกัดสถานที่ในการใช้งาน (mobility) ในบทความนี้ จะกล่าวถึงหลักการทำงานของ Internet Telephony ของ 2 มาตรฐานหลัก คือ H.323 และ SIP (Session Initial Protocol) H.323 พัฒนาขึ้นโดย ITU (International Telecommunication Union) ส่วน SIP พัฒนาขึ้นโดย IETF (Internet Engineering Task Force) ข้อดีและข้อเสียของระบบ H.323 และ SIP และการเชื่อมต่อระหว่างสองระบบดังกล่าว จะได้กล่าวถึงในรายงาน นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้ Internet Telephony สำหรับเครือข่ายไร้สายอีกด้วย**

**คำสำคัญ --** อินเตอร์เน็ทเทเลโฟนนี, VoIP, voice over IP, H.323, SIP

* *ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจาก NECTEC (รหัสโครงการ NT-B-06-4B-18-313)*

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้มีจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากว่าผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลที่ต้องการจากแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่และสามารถติดต่อสื่อสารกับบุคคลจากที่ต่างๆ ได้อย่างสะดวก นอกจากนี้การพัฒนาการให้บริการในรูปแบบใหม่เพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากความยืดหยุ่นของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำให้สามารถพัฒนาการให้บริการได้ง่ายกว่าเครือข่ายอื่นๆ

การให้บริการในรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้ให้บริการรายต่างๆ เป็นอย่างมากคือ การใช้งานโทรศัพท์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตซึ่งใช้โปรโตคอล protocol) IP (Internet Protocol) โดยเรียกว่า Voice over IP (VoIP) Internet telephony หรือ IP telephony (IPTel) ซึ่งจะรวมไปถึงการส่งวีดีโอและข้อมูลด้วย (หรือเรียกว่า การสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia communication)) การให้บริการแบบนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้โทรศัพท์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแทนเครือข่ายชนิดอื่นที่ใช้อยู่ ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะเป็นผลดีต่อผู้ใช้คือ จะช่วยประหยัดค่าโทรศัพท์ทางไกล สามารถใช้งานโทรศัพท์พร้อมกับการใช้งานอย่างอื่นบนอินเตอร์เน็ต มีการเชื่อมต่อในการใช้งานที่ยืดหยุ่นกว่าโทรศัพท์ทั่วไป รวมทั้งยังสามารถปรับแต่งการใช้งานโทรศัพท์ได้หลากหลายกว่า เมื่อพิจารณาในแง่ของผู้ให้บริการหรือผู้ดูแลเครือข่าย การพัฒนาปรับปรุงเครือข่ายหรือการให้บริการสามารถทำได้ง่ายกว่า รวมทั้งการดูแลเครือข่ายทำได้สะดวกกว่า เพราะว่าไม่จำเป็นต้องแยกเครือข่ายสำหรับ ข้อมูล เสียงและวิดีโอ ระบบ VoIP จะทำให้ข้อมูลเสียงและวีดีโอสามารถส่งรวมกันไปในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพียงเครือข่ายเดียว จากข้อดีเหล่านี้ต่างๆ ทำให้ VoIP เป็นที่สนใจอย่างมากและอาจจะเป็นไปได้ว่า VoIP จะเข้ามาแทนที่ระบบโทรศัพท์ในปัจจุบันในอนาคตอันใกล้นี้

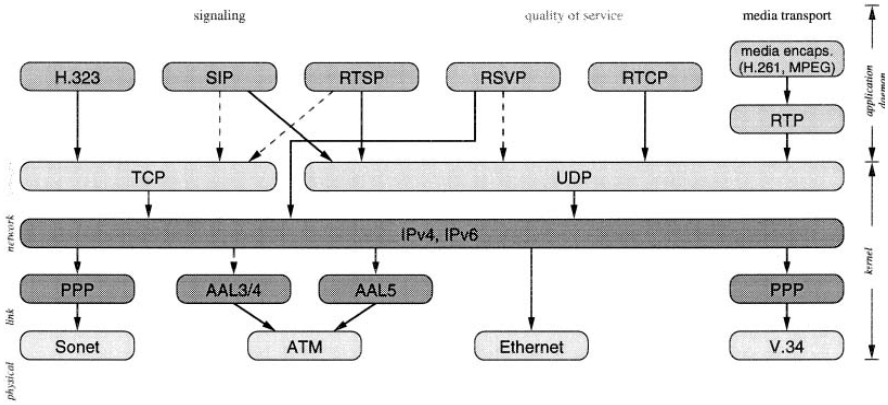
อย่างไรก็ตามความต้องการระดับพื้นฐานของ VoIP คือคุณภาพของการให้บริการ (QOS) ต้องเทียบเท่าคุณภาพในระบบโทรศัพท์หรือดีกว่าซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการใช้งาน VoIP ในทางปฏิบัติ เนื่องจากว่าเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่ไม่รับประกันในเรื่องคุณภาพของการให้บริการ ปัญหานี้จึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำ VoIP มาใช้แทนระบบโทรศัพท์ที่มีอยู่

เครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ให้การบริการในการส่งข้อมูลทั่วไปซึ่งไม่ต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง (real time) แต่สำหรับในกรณีของ VoIP หรือการสื่อสารแบบพหุสื่อต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลที่สามารถให้คุณสมบัติดังกล่าวในการส่งข้อมูล และที่สำคัญ VoIP ต้องการฟังก์ชันในการสร้างหรือสิ้นสุดการเรียก และหาตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ที่ถูกเรียก รวมทั้งฟังก์ชันที่ช่วยให้สามารถให้บริการได้เช่นเดียวกับในระบบโทรศัพท์ ซึ่งในชุดโปรโตคอล TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol) นั้นไม่มีโปรโตคอล ที่ให้ฟังก์ชันดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลขึ้นใหม่เพื่อรองรับ VoIP ในปัจจุบันโปรโตคอลสำหรับ VoIP มีอยู่ 2 มาตรฐานคือ H.323[2] และ SIP(Session Initial Protocol)[1] โปรโตคอล H.323 เป็นโปรโตคอลที่พัฒนาโดย ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications section) ส่วน SIP ถูกพัฒนาโดย IETF (Internet Engineering Task Force) โปรโตคอลทั้งสองมีหน้าที่หลักในการสร้าง สิ้นสุด และการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของการเรียก ระหว่างผู้ใช้ VoIP รวมทั้งยังสามารถให้ฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ โปรโตคอลทั้งสองเป็น โปรโตคอลสำหรับ VoIP ซึ่งใช้บริการชุดโปรโตคอล TCP/IP ในชั้นต่ำกว่า และสามารถใช้งานร่วมกับโปรโตคอลอื่น เพื่อให้เกิดการบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น

Protocol stack สำหรับ VoIP จะเป็นดังรูปที่ 1. จะเห็นว่าทั้งโปรโตคอล H.323 และ SIP เป็นโปรโตคอลในชั้นแอปปลิเคชัน (application layer) และใช้บริการของโปรโตคอลในชั้นที่ต่ำกว่า SIP สามารถใช้ได้ทั้ง UDP และ TCP ส่วน H.323 ใช้ TCP เท่านั้น แต่เนื่องจากว่าฟังก์ชันของ H.323 และ SIP มีขอบเขตจำกัด ดังนั้นจึงได้นำโปรโตคอลอื่นมาช่วยในการทำงาน ซึ่งได้แก่ RTSP (Real-time Streaming Protocol) [3] RSVP (Resource Reservation Protocol) [7] และ RTP/RTCP [4] ซึ่งทำให้ VoIP สามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โปรโตคอลดังกล่าวเป็นโปรโตคอลในชั้นแอปปลิเคชันซึ่งทำงานอยู่บนชุดโปรโตคอล TCP/IP โปรโตคอลเหล่านี้ไม่ได้เป็นโปรโตคอลเฉพาะสำหรับ VoIP ดังนั้นจะกล่าวถึงอย่างคร่าวๆ ในส่วนนี้ แต่สำหรับโปรโตคอล H.323 และ SIP ซึ่งเป็นโปรโตคอลหลักสำหรับ VoIP จะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

## 2. โปรโตคอล H.323 (H.323 Protocol)

H.323 เป็นมาตรฐานหรือโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia communication) แบบเวลาจริง บนเครือข่าย IP โปรโตคอล H.323ได้ให้รายละเอียดสำหรับขั้นตอนในการสร้างการเรียก (call setup) เอนทิตี้ภายในเครือข่าย H.323 และการทำงานร่วมกันระหว่างเอนทิตี้ภายใน

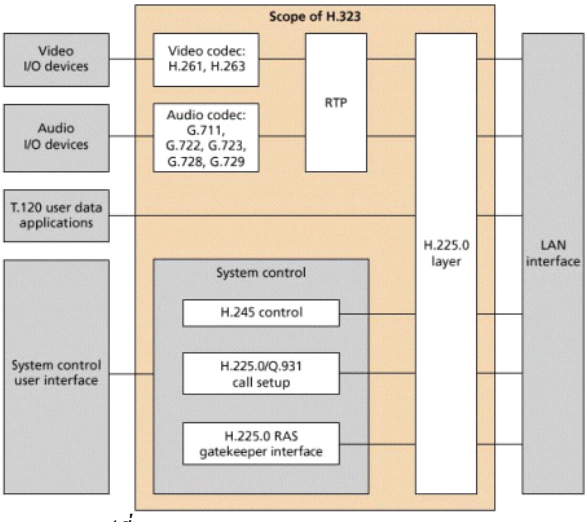



*รูปที่ 1. แสดง IP telephony protocol stack*

เครือข่าย H.323 ถูกพัฒนาโดย ITU-T โดยเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน H.32x ที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประชุมแบบพหุสื่อ (multimedia conference) บนเครือข่ายต่างๆ เช่น H.320 สำหรับเครือข่าย ISDN (Integrated Service Digital Networks) H.324 สำหรับเครือข่าย PSTN (Public Switching Telephone Networks) H.323 จะครอบคลุมโปรโตคอลอื่นไว้ คือ H.225.0 สำหรับ call signaling และการจัดรูปแบบแพ็กเกตมีเดีย (media packet format) H.245 สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลความสามารถเกี่ยวกับมีเดีย (media capability exchange) และการควบคุมช่องสัญญาณมีเดีย (media channel control) H.450.x เป็นขั้นตอนสำหรับสร้างการบริการเพิ่มเติม (supplementary service) และ H.235 เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับความปลอดภัย เป็นต้น รวมทั้งยังได้อ้างอิงถึงมาตรฐานในการเข้ารหัสสำหรับสัญญาณเสียง เช่น G.711 G723.1 G.729 และสัญญาณวีดีโอเช่น H.261 และ H.263

### 2.1 สถาปัตยกรรมของ H.323 (H.323 Architecture)

โปรโตคอล H.323 ครอบคลุมและอ้างอิงถึงโปรโตคอลอื่นๆ เช่น H.225.0/Q.931[5] H.245[6] และH.225.0/RAS[5] เพื่อช่วยในการทำงานของโปรโตคอล H.323 โดยสถาปัตยกรรมของโปรโตคอล H.323 สำหรับ endpoint (หรือ terminal) จะเป็นดังรูปที่ 2.




*รูปที่ 2. แสดง H.323 terminal architecture*

ขอบเขตของ H.323 ดังแสดงในรูปที่ 2. จะจำกัดอยู่ที่มาตรฐานในการบีบอัดข้อมูล (compression) รูปแบบแพ็กเกตมีเดีย (media packet format) การส่งสัญญาณ (signalling) และ การควบคุมการรับส่งข้อมูล (flow control) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

- การเข้ารหัส/ถอดรหัสสัญญาณวิดีโอ (video codec) ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสสัญญาณวีดีโอสำหรับการส่ง และถอดรหัสสัญญาณวีดีโอที่ได้รับซึ่งจะถูกนำไปแสดงผลต่อไป มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่ endpoint จำเป็นต้องเข้า/ถอดรหัสได้คือ H.261 ที่ระดับความละเอียด QCIF (Quarter Common Intermediate Format) ส่วน H.263 ซึ่งให้คุณภาพที่ดีกว่าเป็นตัวเลือกที่อาจจะรองรับหรือไม่ก็ได้ รายละเอียดเกี่ยวกับการเข้า/ถอดรหัสสัญญาณวีดีโอจะตกลงกันระหว่าง endpoint ในช่วงของการแลกเปลี่ยนความสามารถ (capability exchange) โดยการ

ใช้โปรโตคอล H.245 มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่จะใช้จะต้องรองรับโดยทุกๆ endpoint ที่เข้าร่วมในการสื่อสาร

- การเข้ารหัสสัญญาณเสียง (audio codec) ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสเสียงจากไมโครโฟน หรือแหล่งกำเนิดอื่นสำหรับการส่ง และถอดรหัสสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสที่รับได้ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังลำโพง มาตรฐานที่ endpoint จำเป็นต้องรองรับ คือ G.711 สำหรับ G.722 G.728 G.729 MPEG-1 และ G.723.1 เป็นตัวเลือกที่อาจจะรองรับหรือไม่ก็ได้ มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่ใช้จะต้องรองรับโดยทุก endpoint ซึ่งจะทำการตกลงกันโดยใช้โปรโตคอล H.245
- ช่องสัญญาณส่งข้อมูล (data channel) มาตรฐานที่ใช้ คือ T.120 สำหรับการสร้างการประชุมข้อมูล (data conferencing) รายละเอียดหรือพารามิเตอร์อาจจะตกลงกันโดยใช้โปรโตคอล H.245
- RTP (real time transport protocol) ทั้งสัญญาณเสียงและวีดีโอจะถูกส่งโดยบรรจุในแพ็กเกต RTP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบเวลาจริง บนเครือข่าย IP โดย RTP จะทำงานร่วมกับ RTCP ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการส่งข้อมูลโดย RTP ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

System Control Unit เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ การส่งสัญญาณ และ flow control ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- H.245 เป็นโปรโตคอลควบคุมมีเดีย (media control protocol) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความสามารถ (capability exchange) ตกลงรายละเอียดของช่องสัญญาณ (channel negotiation) เปลี่ยนโหมดของมีเดีย (switching of media mode) และการสร้างช่องสัญญาณทางตรรก (logical channel) สำหรับการส่งเสียงหรือวิดีโอ โปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแมสเสจโดยใช้ช่องสัญญาณในการส่งของตัวเอง
- H.225.0/Q.931 เป็นโปรโตคอล H.225.0 ในส่วนที่ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ(connection establishment) ซึ่งถูกดัดแปลงมาจาก โปรโตคอล Q.931 โดยโปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแมสเสจผ่านช่องสัญญาณของตัวเอง
- H.225.0 RAS เป็นโปรโตคอล H.225.0 ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการยอมรับ (admission control) การลงทะเบียน (registration) และการรายงานสถานะ โปรโตคอลนี้จะใช้ระหว่าง endpoint และ gatekeeper เพื่อใช้สำหรับการควบคุมดูแลโดย gatekeeper โดยแมสเสจในโปรโตคอลจะใช้ UDP
- H.225.0 layer โปรโตคอล H.225.0 เป็นโปรโตคอลสำหรับ call-signaling ซึ่งมีหน้าที่ดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ในการแปลงมีเดีย (วิดีโอ เสียง และข้อมูล) และข้อมูลสำหรับการ ควบคุม (control data) ที่จะถูกส่งให้อยู่ในรูปแพ็กเกตที่เหมาะสมเพื่อส่งต่อให้กับ network interface และทำหน้าที่รับข้อมูลทั้งหมด (media data และ control data) จาก network interface เพื่อส่งให้ส่วนอื่นต่อไป

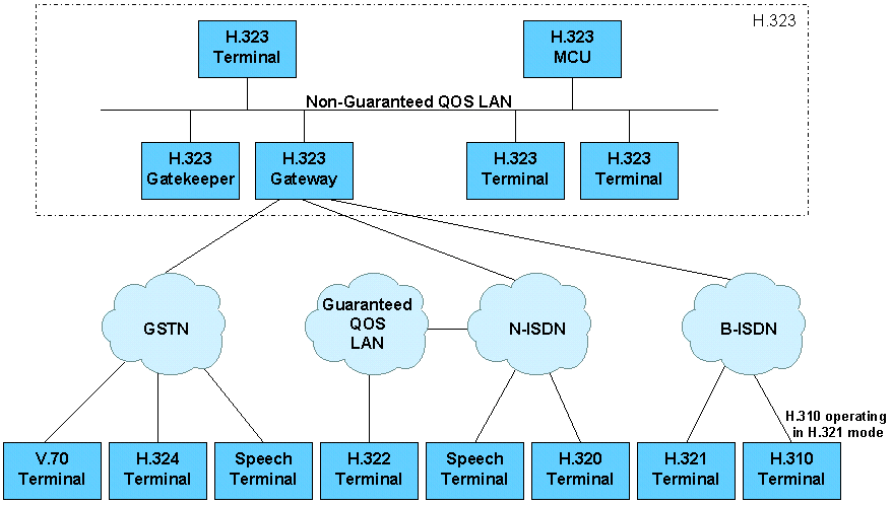
### 2.2 เอนทิตี้และฟังก์ชันของ H.323 (H.323 entities & functions)

ในมาตรฐาน H.323 ได้อธิบายถึงเอนทิตี้ที่เป็นองค์ประกอบเครือข่าย H.323 ซึ่งได้แก่ เทอร์มินัล MCU (Multipoint Control Unit) เกทเวย์ และ gatekeeper การเชื่อมต่อระหว่างเอนทิตี้ภายในเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นดังแสดงในรูปที่ 3. รายละเอียดของแต่ละเอนทิตี้มีดังนี้

#### 2.2.1 H.323 เทอร์มินัล (H.323 terminal)

เทอร์มินัลเป็น endpoint ของเครือข่ายซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือชุดอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานโปรโตคอล H.323ได้ เทอร์มินัลต้องสนับสนุนการสื่อสารโดยใช้เสียง ส่วนสัญญาณวีดีโอและข้อมูลเป็นตัวเลือก ซึ่งฟังก์ชันหลักของเทอร์มินัลมีดังนี้

- ทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้ โดยรับคำสั่งและแสดงผลให้กับผู้ใช้
- จัดการในการส่ง call signaling ให้กับ voice gateway
- ส่งหมายเลขโทรศัพท์ (มาตรฐาน E.164) และหมายเลข IP ของผู้ใช้ ให้กับ gatekeeper ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงในการเชื่อมต่อ ในการส่งหมายเลขดังกล่าวจะบรรจุอยู่ในแมสเสจ ARQ ของโปรโตคอล H.225.0/ RAS ซึ่งอาจจะมีหมายเลข alias address ส่งไปพร้อมกัน
- ทำการแปลงแพ็กเกตที่ได้รับจากเครือข่าย โดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ ตามลำดับ (IP->UDP->RTP) เป็นเฟรมเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx ให้อยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation) สตรีมเพื่อทำการส่งให้กับซาวน์การ์ดเพื่อแสดงผล ต่อไป
- ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับ PCM สตรีมจากซาวน์การ์ดและทำการรวมเป็นแพ็กเกต แล้วแปลงแพ็กเกตเป็นแพ็กเกตที่ส่งในเครือข่ายโดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ (RTP->UDP->IP) แล้วจึงทำการส่งผ่านเครือข่ายในรูปของแพ็กเกต




*รูปที่ 3.แสดงเครือข่าย H.323 เอนทิตี้และฟังก์ชัน*

### 2.2.2 H.323 เกทเวย์ (H.323 Gateway)

เกทเวย์เป็นเอนทิตี้ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องมีในกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ การเชื่อมต่อเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นโดยใช้เกทเวย์จะมีลักษณะดังรูปที่ 3. เกทเวย์ทำหน้าที่เสมือนเป็น endpoint ของเครือข่ายหนึ่งในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย โดยจะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายดังนี้

- สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัล PSTN ในระบบแอนาลอก
- สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.320 บนเครือข่าย switched circuit ที่เป็น ISDN
- สร้างการเชื่อมต่อเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.324 บน เครือข่าย PSTN

เนื่องจากเกทเวย์สามารถให้การเชื่อมต่อระหว่าง H.323 กับเครือข่ายอื่น ดังนั้นฟังก์ชันของเกทเวย์ จึงเป็นฟังก์ชันในการแปลงข้อมูลระหว่าง 2 เครือข่ายคือ

- รับและประมวลผลการเรียกที่มาจากเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่นไปยังเทอร์มินัล H.323 เกทเวย์จะต้องทำการแปลง การส่งสัญญาณและ control ต่างๆ จากเครือข่ายอื่นมาเป็นของ H.323 เช่น จากขั้นตอนในการสร้างการสื่อสารจาก H.242 เป็น H.245 รวมทั้งทำหน้าที่สร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองได้ว่าเกทเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่นโดยเสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323
- รับและประมวลผลการเรียกจากเทอร์มินัล H.323ไปยังเครือข่ายอื่น เกทเวย์จะต้องทำการแปลงการส่งสัญญาณ และ control ต่างๆ ตาม H.323 ให้เป็นมาตรฐานในเครือข่ายอื่น เช่น แปลงจากโปรโตคอล H.245 เป็น H.242 รวมทั้งสร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองว่าเกทเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323 เสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่น
- ทำหน้าที่ในการดูแลกระบวนการการเรียก (call) และการส่งสัญญาณ (signaling) ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งการทำงานจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ gatekeeper
- ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับสัญญาณ PCM จากเครือข่ายอื่น แล้วทำการรวมสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสให้เป็นแพ็กเกตเพื่อส่งไปในเครือข่าย IP โดยผ่านกระบวนการแปลงของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ เพื่อให้อยู่ในรูปแพ็กเกตที่สามารถส่งไปในเครือข่าย ดังในหัวข้อที่ 2
- ทำการแปลงแพ็กเกตจากเครือข่าย IP กลับแพ็กเกตเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx และแปลงสัญญาณ PCM เพื่อส่งให้กับเครือข่าย ภายนอก ดังในหัวข้อที่ 2.1

สำหรับฟังก์ชันเพิ่มเติมของเกทเวย์ไม่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอนขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ เช่น จำนวนของเทอร์มินัลที่รองรับจำนวนการเชื่อมต่อกับเครือข่าย switched circuit และจำนวนการประชุมที่สนับสนุน เป็นต้น เมื่อเกทเวย์มีการพัฒนามากขึ้นจะทำให้เครือข่าย H.323 สามารถเชื่อมต่อกันกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ ได้มากขึ้น

**2.2.3 H.323 Gatekeeper**

Gatekeeper ทำหน้าที่ในการดูแลและให้บริการกับเอนทิตี้อื่นภายในโซน โดยโซนจะประกอบไปด้วย gatekeeper 1 ตัวและเอนทิตี้อื่นๆ ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับ gatekeeper ถึงแม้ว่า gatekeeper เป็นเอนทิตี้ที่ไม่จำเป็นต้องมีในเครือข่าย H.323 แต่ gatekeeper ก็เป็นเอนทิตี้ที่สำคัญมาก ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังนี้

- เครือข่ายขนาดใหญ่สามารถแบ่งเป็นหลายโซน ซึ่งแต่ละโซนจะอยู่ภายในการดูแลของ gatekeeper เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษาเครือข่าย
- gatekeeper สามารถให้ความปลอดภัยในการเข้าถึงเครือข่ายได้โดยการให้บริการ authentication สำหรับแต่ละการเรียก หรือแต่ละเอนทิตี้
- gatekeeper เป็นศูนย์กลางในการ authentication authorization และ admission (เรียกรวมกันว่า AAA) ของโซน
- gatekeeper สามารถจัดการควบคุมแบนด์วิดท์(bandwidth management) เช่นการจำกัดจำนวนของการเชื่อมต่อ

เพื่อเป็นการรักษาแบนวิดท์สำหรับการใช้งานอย่างอื่น เช่น อีเมล์ การโอนย้ายไฟล์ gatekeeper ไม่สามารถเป็น endpoint ของการเชื่อมต่อได้ เมื่อมี gatekeeper ทุกเอนทิตี้จะต้องทำการลงทะเบียนกับ gatekeeper ดังนั้น gatekeeper จึงทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการเรียกทั้งหมดภายในโซนและอาจจะให้บริการเพิ่มเติมกับโซนได้ สำหรับฟังก์ชันหลักที่จำเป็นของ gatekeeper ตามมาตรฐาน H.323 มี 4 ฟังก์ชันดังนี้

- การแปลงแอดเดรส (Address translation) gatekeeper จะทำหน้าที่ในการแปลง alias addressให้เป็น transport address เอนทิตี้จะทำการส่ง alias พร้อมกับการลงทะเบียนโดยใช้แมสเสจ RRQ ซึ่งอาจจะสามารถปรับเปลี่ยนในภายหลังได้
- การควบคุมการยอมรับ (Admission control) เมื่อเอนทิตี้ภายในโซนต้องการสร้างการเรียก จะต้องทำการขออนุญาตไปยัง gatekeeper โดยใช้แมสเสจ ARQ gatekeeper อาจจะอนุญาตหรือไม่ก็ได้โดยจะทำการตรวจสอบจากเงื่อนไขต่างๆ เช่น แบนด์วิดท์ แหล่งกำเนิดการเรียก (call) และ authentication เป็นต้น
- การควบคุมแบนด์วิดท์ (Bandwidth control) gatekeeper สามารถรองรับการควบคุมแบนด์วิดท์ได้ เอนทิตี้จะทำการร้องขอแบนด์วิดท์ที่ต้องการโดยใช้แมสเสจ BRQ และ gatekeeper จะทำการตรวจสอบค่าแบนด์วิดท์ที่ร้องขอกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับการจัดการแบนด์วิดท์ (bandwidth management) แล้วจึงจะอนุญาตหรือไม่อนุญาตด้วยการส่งแมสเสจ BCF หรือ BRJ ตามลำดับ
- การจัดการโซน (Zone management and Directory service) จากรูปที่ 8 โซนจะประกอบด้วยเทอร์มินัล เกทเวย์และ MCU ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับ gatekeeper 1 ตัว gatekeeper ทำหน้าที่ในการดูแลและจัดการให้กับทุกเอนทิตี้ที่อยู่ในภายในโซน โดยการใช้ฟังก์ชันข้างต้นและการให้บริการอื่นๆ รวมทั้งการให้บริการ directory service ของโซน

นอกจากฟังก์ชันหลักดังกล่าวแล้ว gatekeeper อาจจะให้ฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ มีดังนี้

- การควบคุมการส่งสัญญาณ (call control signaling) gatekeeper อาจจะช่วยในการประมวลผลแมสเสจ Q.931 ที่ส่งระหว่าง เทอร์มินัลได้ในระหว่างการสร้างการเรียก
- การตรวจสอบการเรียก (call authorization) gatekeeper อาจจะปฏิเสธการสร้างการเรียก จากเทอร์มินัลด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น จำกัดการเข้าถึงจากเทอร์มินัลหรือเกทเวย์บางตัว จำกัดการเข้าถึงในบางช่วงเวลา เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323
- การจัดการแบนด์วิดท์ gatekeeper จะปฏิเสธการเรียกจาก เทอร์มินัลในกรณีที่มีแบนด์วิดท์ไม่เพียงพอ รวมถึงในกรณีที่มีการร้องขอการเพิ่มแบนด์วิดท์ สำหรับเงื่อนไขจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323
- การจัดการการเรียก (call management) gatekeeper อาจจะทำการเก็บรักษารายการการเรียกที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการระบุเทอร์มินัลที่ถูกเรียกว่าว่างหรือไม่ หรือเพื่อให้ข้อมูลกับฟังก์ชันในการจัดการแบนด์วิดท์
- การตรวจสอบผู้ใช้ (authenticating users) สามารถจำกัดการ เข้าถึงของผู้ใช้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
- การจัดการบริการ(managing services) gatekeeperจะทำหน้าที่ในการจัดการให้บริการต่างๆ แก่ผู้ใช้
- การจัดการฐานข้อมูลของสมาชิก (managing subscriber databases) gatekeeper ทำหน้าที่ดูแลและจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูลของสมาชิกที่ได้ลงทะเบียนไว้กับ gatekeeper
- การหาตำแหน่งของสมาชิก (locating subscribers) gatekeeper ทำหน้าที่ในการหาตำแหน่งของสมาชิกได้โดยการค้นหาจากข้อมูลของสมาชิก ที่สมาชิกได้จากการลงทะเบียน
- การรวบรวมข้อมูลสำหรับการเก็บค่าบริการ (collecting charging information) gatekeeper จะทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการ

คิดค่าบริการของการเรียก โดยที่การเรียก (call) ต้องถูกจัด เส้นทางผ่าน gatekeeper

- การควบคุมเกทเวย์ (managing gateway) gatekeeper จะควบคุมการทำงานของเกทเวย์ เช่นควบคุมการสร้างการเรียก ของเกทเวย์ระหว่างเครือข่าย
- การช่วยในการสร้างการเรียก (assisting in call setup) เมื่อการเรียกถูกจัดเส้นทางผ่าน gatekeeper จะช่วยในการสร้างการเรียก เช่นอาจจะทำการจัดเส้นทางให้กับการเรียก ไปยังเกทเวย์ที่เหมาะสม

การติดต่อสื่อสารระหว่างเอนทิตี้กับ gatekeeper จะใช้โปรโตคอล H.225.0 /RAS ส่วนแมสเสจ call signaling (H.225.0/ Q.931) และ media control (H.245 ) อาจจะผ่าน gatekeeper หรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับการลงทะเบียนของเอนทิตี้ และเงื่อนไขของ gatekeeper สำหรับ gatekeeper อาจจะถูกรวมอยู่ในเกทเวย์และ MCUได้ โดยที่ต้องแยกทางตรรก (logical) จาก endpoint

#### 2.2.4 Multipoint Control Unit (MCU)

MCU ทำหน้าที่ในการสนับสนุนการประชุมแบบหลายจุด (multipoint conference) ระหว่างเทอร์มินัล 3 เทอร์มินัลขึ้นไป MCU เป็นเอนทิตี้ที่จะมีหรือไม่ก็ได้ MCU ประกอบด้วย multipoint controller (MC) และ multipoint processor (MP) ในการประชุมจะต้องมี MC ส่วน MP อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ หรืออาจจะมีมากกว่าหนึ่งก็ได้ MC เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในจัดการเกี่ยวกับการส่งสัญญาณในการควบคุมมีเดีย (media control signaling) ให้กับแต่ละเทอร์มินัล โดยที่ทุกเทอร์มินัลต้องมีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อกับ MC แบบจุดถึงจุด (point-to-point) ส่วน MP จะทำหน้าที่ในการจัดการกับมีเดียสตรีมโดยทำหน้าที่ในการผสม (mixing) สวิตซ์ (switching) และประมวลผลมีเดียที่ใช้การประชุมภายใต้การ ควบคุมของ MC

### 2.3 Multipoint Conference

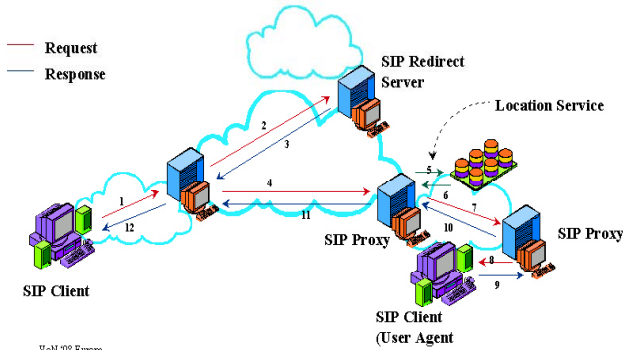
การประชุมแบบหลายจุด (multipoint conference) คือการสื่อสารที่มีผู้เข้าร่วมมากกว่า 2 ซึ่งจำเป็นต้องมี MC อยู่เป็นอย่างน้อย สำหรับแบบจำลองที่ใช้มี 3 แบบ

- Centralize Model ในแบบจำลองนี้จำเป็นต้องมี MCU อยู่ทุก เทอร์มินัลที่เข้าร่วมในการประชุมต้องมีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อแบบจุดถึงจุด (point-to-point) กับ MCU ซึ่ง MC จะหน้าที่ควบคุมการประชุมโดยใช้ฟังก์ชันของ H.245 ส่วน MP จะทำหน้าที่รับมีเดียสตรีมจากทุกเทอร์มินัลทำการรวมสัญญาณเสียง เลือกสัญญาณวีดีโอที่ตรงกัน และประมวลผล แล้วทำการส่งกลับไปให้กลับเทอร์มินัลอื่นๆ ทุกเทอร์มินัล
- Decentralized Model ในแบบจำลองนี้ เทอร์มินัลจะมัลติคาสท์สัญญาณเสียงและวีดีโอให้กับเทอร์มินัลอื่นๆ โดยไม่ผ่าน MCU แต่การควบคุมยังคงถูกควบคุมโดย MC ผ่านทางช่องสัญญาณ H.245 ที่เชื่อมต่อกับเทอร์มินัลแบบจุดถึงจุด (point-to-point) เทอร์มินัลที่ได้รับสัญญาณจะทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณเอง โดยอาจจะใช้ฟังก์ชัน MP ของแต่ละเทอร์มินัลช่วยทำหน้าที่ในการประมวลผลมีเดียสตรีม
- Hybrid Model แมสเสจ H.245 รวมทั้งสัญญาณเสียงหรือวีดีโอจะถูกส่งและประมวลผลผ่านMCUโดยใช้การเชื่อมต่อแบบจุดถึงจุด (point-to-point) ส่วนสัญญาณที่เหลือจะถูกส่งโดยเทอร์มินัลแบบมัลติคาสท์ให้กับเทอร์มินัลอื่นๆ

## 3. โปรโตคอล SIP (SIP: Session Initial Protocol)

SIP เป็นโปรโตคอลใช้งานสำหรับ IP Telephony ที่กำหนดโดย IETF (Internet Engineering Task Force) SIP เป็นโปรโตคอลในชั้นแอปปลิเคชันซึ่งทำหน้าที่ในการสร้าง สิ้นสุด และเปลี่ยนแปลงแก้ไข เซสชันของพหุสื่อ (multimedia session) หรือ การเรียก ซึ่งรวมถึง Internet telephony การประชุมแบบพหุสื่อ (multimedia conference) และแอปปลิเคชันอื่นที่คล้ายคลึงกัน SIP เป็นโปรโตคอลไคล์เอนท์-เซิร์ฟเวอร์ (client-server) โดยใช้การส่งข้อมูลในรูปของตัวอักษร(text based) เช่นเดียวกับโปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) รวมทั้งยังมีกลไกที่คล้ายคลึงกันทำให้สามารถใช้เฮดเดอร์และกลไกที่มีอยู่บางอย่างของ HTTP ได้ สำหรับฟังก์ชันที่ SIP สนับสนุนมีดังนี้

- *User location* การกำหนด endpoint ที่ใช้ในเซสชันการสื่อสาร
- *User capabilities* การกำหนดมีเดียและพารามิเตอร์ของมีเดียที่ใช้ในการสื่อสาร
- *User availability* การกำหนดความต้องการของผู้ถูกเรียกว่าต้องการเข้าร่วมในเซสชันหรือไม่
- *Call setup* การสร้าง การเรียก และกำหนดพารามิเตอร์ของการเรียก
- *Call handling* การจัดการกับ การเรียก รวมทั้งการโอนย้าย การเรียก และการสิ้นสุดการเรียก




*รูปที่ 4. แสดงสถาปัตยกรรมของ SIP*

SIP ถูกพัฒนาโดย IETF โดยเป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมควบคุมและข้อมูลพหุสื่อ (multimedia data and control architecture) ซึ่งรวมถึงโปรโตคอล เช่น RSVP RTP RTSP และ SDP (Session Data Protocol) เป็นต้น โดย SIP สามารถใช้งานหรือทำงานร่วมกับโปรโตคอลเหล่านี้เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แต่ฟังก์ชันและการทำงานของ SIP ไม่ขึ้นอยู่กับโปรโตคอลเหล่านี้ สำหรับในปัจจุบัน SIP ได้ถูกพัฒนาอยู่ในเวอร์ชัน 2

### 3.1 สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของ SIP (SIP architecture & Components)

SIP เป็นโปรโตคอลไคลเอนท์-เซิร์ฟเวอร์ ไคลเอนท์จะทำหน้าที่ส่งคำร้องขอให้กับเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการประมวลผลแล้วจึงตอบสนองกับมายังไคลเอนท์ ในการส่งแมสเสจร้องขอ แมสเสจอาจจะถูกส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์หลายตัวจนกระทั่งถึงเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถตอบสนองคำร้องขอของไคลเอนท์ได้ ในระบบ SIP จะมีองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ของไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ องค์ประกอบเหล่านี้จะทำการติดต่อสื่อสารกันโดยใช้แมสเสจ SIP ซึ่งมีสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 4.

ใน SIP จะแบ่งองค์ประกอบเป็น 2 ชนิดหลักคือ user agent และ network server ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- User agent เป็น endpoint ที่ทำหน้าที่แทนผู้ใช้ในการติดต่อสื่อสารเนื่องจากว่าผู้ใช้ต้องสามารถเริ่ม การเรียก หรือตอบสนองต่อการเรียก ที่เข้ามา ดังนั้น user agent ควรจะสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่มีการเริ่ม การเรียก ผู้ใช้จะทำหน้าที่เป็น ไคลเอนท์เพื่อทำการร้องขอไปยังผู้ถูกเรียกซึ่งจะทำหน้าเป็นเซิร์ฟเวอร์ในการตอบสนองการร้องขอ โดยทั่วไป user agent จึงประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เป็นไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ดังนี้
  1. User agent client (UAC) จะทำหน้าที่ในการเริ่ม การเรียก โดยการส่งส่งแมสเสจร้องขอไปยังผู้ถูกเรียกโดยผ่านทาง network server
  2. User agent server (UAS) จะทำหน้าที่ในการรับคำร้องขอ และตอบสนองต่อคำร้องขอโดยจะรอการตอบสนองจากผู้ใช้ ซึ่งการตอบสนองอาจจะเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธ การเรียก ในกรณีที่ผู้ใช้มีการใช้งานเทอร์มินัลหลายตัว ผู้ใช้ยังอาจจะกำหนดให้ UAS ทำการ redirect ไปยังที่ UAS อื่นที่ผู้ใช้ใช้งานอยู่จริง
- Network server เป็นเซิร์ฟเวอร์ภายในเครือข่ายซึ่งจะทำหน้าที่ในการจัดการกับแมสเสจที่ได้รับ โดยอาจจะได้รับจาก user agent หรือ network server อื่นๆ การจัดการกับแมสเสจจะขึ้นกับชนิดของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมี 2 ชนิดคือ
  1. Proxy server เซิร์ฟเวอร์จะทำการกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับ ข้อมูลต่อไป โดยอาจจะเป็น UAS หรือ network server ก็ได้ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ทำการร้องขอไปยังเอนทิตี้นั้น พร้อมกับข้อมูลตอบสนองให้กับ UAC (หรืออาจจะเป็น network server อื่นที่ส่งข้อมูลร้องขอมา) เพื่อระบุว่ากำลังรอการตอบสนองจากผู้ถูกเรียก เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับการตอบสนองจากผู้ถูกเรียกหรือ UAS เซิร์ฟเวอร์จึงจะส่งแมสเสจตอบสนองต่อกลับไปให้กับ UAC ดังรูปที่ 22. เซิร์ฟเวอร์ชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นทั้งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ ในกรณีที่ส่งแมสเสจร้องขอจะเป็นไคลเอนท์ส่วนในกรณีที่ส่งข้อมูลตอบสนองจะเป็นเซิร์ฟเวอร์
  2. Redirect server เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับแมสเสจร้องขอแล้วจะกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับข้อมูลต่อไป จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะส่งแอดเดรสของเอนทิตี้นั้นไปให้กับ UAC หรือ network server ที่ส่งข้อมูลร้องขอมา เมื่อ UAC (หรือ network server) ได้รับแอดเดรส

แล้วจึงจะทำการส่งคำร้องไปยังเซิร์ฟเวอร์นั้นด้วยตนเอง ดังรูปที่ 4.

เนื่องจากว่าผู้ใช้อาจจะมีการเปลี่ยนเทอร์มินัลที่ใช้งานได้ network server จึงจะต้องสามารถกำหนดเอนทิตี้ที่รับข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งแมสเสจให้กับผู้ถูกเรียกได้ โดย network server จะทำการติดต่อกับ location server เพื่อกำหนดเอนทิตี้ต่อไปที่จะรับแมสเสจ location server จะทำหน้าที่ในการหาตำแหน่งปัจจุบันของผู้ถูกเรียกโดยการกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับแมสเสจต่อไปแล้วส่งแอดเดรสของเอนทิตี้นี้ให้กับ network server ข้อมูลของ location server จะได้รับจาก registrar ซึ่งทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของผู้ใช้แล้วส่งข้อมูลนี้จะให้กับ location server ในการให้ข้อมูลของผู้ใช้กับ registrar จะทำได้โดยใช้แมสเสจ REGISTER เพื่อบอกตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ โดยทั่วไปแล้ว registrar จะถูกรวมเข้ากับ network server

### 3.2 ชื่อและแอดเดรส (Addressing & Naming)

ในระบบ SIP การส่งแมสเสจระหว่างเอนทิตี้จะต้องระบุ SIP URL เพื่อใช้อ้างอิงถึงผู้ใช้SIP URL จะประกอบด้วย SIP แอดเดรส รูปแบบของแอดเดรสจะอยู่ในรูปของ name@domain โดยอาจจะเป็น user@domain user@address phone-number@gateway และ user@host แอดเดรสนี้จะถูกใช้อ้างอิงถึงผู้ใช้ทั้งผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในการส่งแมสเสจ ตัวอย่างของ SIP URL เช่น SIP://j.doe@example.com โดยที่ URL นี้จะอยู่ในส่วนเฮดเดอร์ของแมสเสจ ในการส่งแมสเสจไปยัง SIP URL ที่ระบุไว้จะต้องมีการแปลง SIP แอดเดรสให้อยู่ในของ User@host โดยอาจจะผ่านการแปลงมากกว่าหนึ่งครั้งจนกระทั่งได้ตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ ในการแปลงแอดเดรสอาจจะใช้ DNS (Domain Name Service) หรือ LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)

### 3.3 Locating Server

ในการส่งแมสเสจจะใช้ SIP URL อ้างอิงถึงในการส่ง โดยจะต้องมีการแปลงส่วน domain ของ SIP แอดเดรสไปเป็นหมายเลข IP ซึ่งเป็น แอดเดรสของ SIP server ที่สามารถค้นหาตำแหน่งของผู้ใช้ต่อไปได้ การแปลง SIP แอดเดรสอาจจะทำโดย UAC หรือ UAC จะส่งแมสเสจให้กับเซิร์ฟเวอร์ที่กำหนดซึ่งเซิร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปลง SIP แอดเดรสแทน ในการแปลง SIP แอดเดรสนี้สามารถใช้ DNS เข้ามาช่วยได้

### 3.4 Locate User

จากข้างต้นเมื่อได้ตำแหน่งของเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถส่งข้อมูลให้กับผู้ถูกเรียกแล้วต่อไปจะเป็นการหาตำแหน่งของผู้ถูกเรียก เมื่อ SIP server ได้รับแมสเสจร้องขอแล้ว เซิร์ฟเวอร์จะต้องทำการค้นหาผู้ใช้ที่อ้างอิงถึงใน SIP แอดเดรส โดยการร้องขอข้อมูลไปยัง location server ซึ่งจะตอบกลับด้วยรายการตำแหน่งที่เป็นไปได้ของผู้ถูกเรียก เมื่อ SIP server ได้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของผู้ถูกเรียกแล้ว ถ้าเป็น proxy server จะทำส่งแมสเสจร้องขอต่อไปยังตำแหน่งต่างๆ ตามรายการที่ได้รับจาก location serverไว้ โดยอาจจะส่งแบบ sequential หรือ parallel ส่วนถ้าเป็น redirect server จะส่งรายการตำแหน่งของผู้ถูกเรียกไปให้ผู้เรียกผ่านโดยใช้เฮดเดอร์ contact เพื่อให้ผู้เรียกส่งแมสเสจร้องขอไปเอง สำหรับตำแหน่งของผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนกับ registrar โดยใช้เฮดเดอร์ REGISTER รวมทั้งยังอาจจะอัพโหลด script ของผู้ใช้เองเพื่อเก็บไว้ที่เซิร์ฟเวอร์สำหรับจัดการกับการเรียกตามความต้องการของผู้ใช้

### 3.5 ความเชื่อถือได้ (Reliability)

ในระบบ SIP จะมีกลไกเรื่องความเชื่อถือได้ (reliability) ไม่ว่าจะใช้ โปรโตคอล UDP หรือ TCP โดยการใช้เมธอด Ack ไคลเอนท์จะส่ง แมสเสจร้องขอใหม่ตามช่วงเวลาที่กำหนดจนกระทั่งได้รับแมสเสจตอบจากเซิร์ฟเวอร์ ทางด้านเซิร์ฟเวอร์ก็จะส่งแมสเสจตอบจนกระทั่งได้รับ แมสเสจ Ack จากไคลเอนท์จึงทำให้การร้องขอที่สมบูรณ์ต้องใช้การ แลกเปลี่ยนแมสเสจ 3 แมสเสจ เซิร์ฟเวอร์อาจจะตอบสนองต่อ Ack โดยการส่งแมสเสจตอบสุดท้ายไปให้กับไคลเอนท์ซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องมีก็ได้ สำหรับการส่งมีเดียสตรีมเซิร์ฟเวอร์จะยอมให้มีการส่งเมื่อได้รับ Ack จากไคลเอนท์เท่านั้นด้วยกลไกนี้จึงทำให้เกิดความเชื่อถือได้ในการ แลกเปลี่ยนแมสเสจโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยกลไกของโปรโตคอลในชั้นต่ำกว่า เช่น TCP

### 3.6 ความสามารถในการขยาย (Protocol xtension)

SIP สามารถรองรับคุณลักษณะใหม่ที่เพิ่มเติมขึ้นสำหรับ เมธอด เฮดเดอร์ และ status code ได้ดังนี้

- เมธอด เซิร์ฟเวอร์จะส่งแมสเสจแสดงความผิดพลาด (error message) กลับมาให้ไคลเอนท์ถ้าเมธอดที่ร้องขอมาเซิร์ฟเวอร์ไม่เข้าใจ และจะบอกเมธอดที่เซิร์ฟเวอร์เข้าใจโดยใช้เฮดเดอร์ Public และ Allow ไคลเอนท์อาจจะส่งแมสเสจร้องขอเพื่อขอทราบเมธอดที่เซิร์ฟเวอร์สนับสนุนโดยใช้ตัวเลือกที่เฮดเดอร์ (header option)
- เฮดเดอร์ เมื่อเอนทิตี้ได้รับเฮดเดอร์ที่ไม่เข้าใจ ก็จะละทิ้งเฮดเดอร์นั้น ในกรณีที่ไคลเอนท์จำเป็นต้องการใช้เฮดเดอร์บางเฮดเดอร์ ไคลเอนท์จะส่งแมสเสจเพื่อร้องขอเฮดเดอร์ที่จำเป็นต้องใช้ไปโดยระบุใน

เฮดเดอร์ Require หากมีเฮดเดอร์ที่เซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถให้การสนับสนุนได้เซิร์ฟเวอร์จะตอบปฏิเสธกลับมา

- status code ได้แบ่งเป็นคลาสต่างๆ เช่นเดียวกับ response code ของโปรโตคอล HTTP ซึ่งไคลเอนท์ต้องเข้าใจในความหมายในแต่ละคลาสเพื่อที่จะได้ทราบผลของการร้องขอว่าสำเร็จหรือไม่ สำหรับ status code ในแมสเสจตอบจะมีข้อความต่อหลังซึ่งจะเป็นความหมายของ code ซึ่งสามารถอ่านเข้าใจได้ โดยถ้าไคลเอนท์ไม่เข้าใจในรายละเอียดของ code ทั้งหมด ไคลเอนท์จะตีความหมายเป็น X00 เมื่อ X เป็นตัวเลขตัวแรกของ status code และนอกจากนั้นอาจจะนำ PEP (protocol extension protocol) มาปรับปรุงใช้งานกับ SIP ได้

ในกรณีมีการส่งแมสเสจผ่านหลายเซิร์ฟเวอร์ จะใช้เฮดเดอร์ Via เพื่อระบุเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นทางผ่านของแมสเสจทั้งหมด สำหรับใช้ในการส่งแมสเสจตอบสนองกลับไปให้ผู้เรียก ในระหว่างการส่งแมสเสจร้องขอและแมสเสจตอบสนองจะมีการตกลงเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของเซสชันด้วย ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในส่วนของ message body เช่นในกรณีของการสื่อสารโดยใช้เสียง พารามิเตอร์จะเป็น IP แอดเดรส พอร์ตสำหรับ RTP และการเข้า/ถอดรหัสเสียง หลังการสร้าง การเรียก เสร็จสมบูรณ์ ช่องสัญญาณสำหรับ RTP จะถูกสร้างขึ้นทำให้ทั้งสองฝ่ายสามารถสื่อสารกันได้ รวมทั้งยังอาจจะเชิญผู้อื่นมาเข้าร่วมในเซสชันนี้ได้ ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเซสชัน สามารถทำได้โดยส่งแมสเสจร้องขอใหม่อีกครั้งโดยใช้เมธอด Invite ซึ่งมี call-id เดิม ไปยังผู้ร่วมเซสชันพร้อมทั้งค่าพารามิเตอร์ของเซสชันใหม่ที่ต้องการใช้ รายละเอียดในส่วนนี้จะอยู่ในส่วนของ message body ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โปรโตคอล SDP ในการอธิบายความหมาย

## 4. การเปรียบเทียบระหว่าง SIP และ H.323 (SIP and H.323 comparisons)

ในปัจจุบันมีโปรโตคอลสำหรับ IP telephony คือ H.323 ซึ่งพัฒนาโดย ITU และ SIP ซึ่งพัฒนาโดย IETF ดังที่ได้กล่าวมาแล้วโปรโตคอล H.323 ได้ถูกพัฒนาขึ้นก่อนจึงทำให้มีการใช้งานโปรโตคอลนี้มากกว่า SIP ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในภายหลัง แต่อย่างไรก็ตามโปรโตคอลทั้งสองก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ในที่นี้จะพิจารณาในแง่ของความซับซ้อน (complexity) ความสามารถในการขยายขนาดของเครือข่าย (scalibility) ความสามารถในการเพิ่มเติมคุณลักษณะของโพรโทคอล (extensibility) ฟังก์ชันและการบริการ (functionality and services) คุณภาพการให้บริการ (QoS) และการทำงานร่วมกัน (interoperability)

การเปรียบเทียบระหว่าง H.323 และ SIP ในแง่ต่างๆ สามารถสรุปได้ใน [13] จากการเปรียบเทียบในข้างต้นจะเห็นว่า SIP สามารถให้บริการได้คล้ายกับ H.323 แต่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ความสามารถในการเพิ่มเติมคุณลักษณะของโปรโตคอล (extensibility) มากกว่า และสามารถรองรับขนาดของเครือข่ายได้ใหญ่กว่า (scalibility) เมื่อพิจารณาถึงการพัฒนาของทั้งสองโปรโตคอล การพัฒนาจะเป็นในลักษณะที่ เรียนรู้ซึ่งกันและกัน เช่น H.323 เวอร์ชัน 3 จะมีความใกล้เคียงกับ SIP จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าโปรโตคอลทั้งสองอาจจะมีประสิทธิภาพในการทำงานใกล้เคียงกันแต่อย่างไรก็ตาม H.323 เป็นมาตรฐานที่เกิดขึ้นก่อน ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้งาน H.323 มากกว่า ในขณะที่ SIP เป็น โปรโตคอลใหม่จึงยังมีการใช้งานน้อยกว่า สำหรับ H.323 มีข้อได้เปรียบคือ ITU-T ซึ่งเป็นผู้พัฒนา H.323 เป็นผู้กำหนดมาตรฐานต่างๆ ในระดับล่าง ลงไปถึงในชั้นกายภาพ (physical layer) ในขณะที่ IETF ซึ่งเป็นผู้พัฒนา SIP จะเกี่ยวข้องเฉพาะในชั้นเครือข่าย (network layer) ขึ้นไป H.323 จึงอาจจะมีความเข้ากันได้หรือประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับเครือข่ายได้ดีกว่า SIP ส่วนข้อเสียของ H.323 คือ H.323 ค่อนข้างจะอ้างอิงไปทางแบบจำลอง circuit-switch จึงทำให้มีราคาสูงและยุ่งยากในการใช้งานจริง ในขณะที่ SIP สามารถใช้งานได้ง่ายและมีราคาถูกกว่า ตารางที่ 2 สรุปการเปรียบเทียบข้อจำกัดระหว่าง H.323 และ SIP[14] จากการพิจารณาข้างต้นจะเห็นว่าโปรโตคอลทั้งสองต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียจึงไม่อาจบอกได้ชัดว่าโปรโตคอลใดจะเป็นโปรโตคอลที่เหมาะสมสำหรับ IP telephony มากที่สุด และนอกจากนั้นก็ยังมีแนวโน้มว่าอาจจะการใช้ โปรโตคอลทั้งสองทำงานร่วมกัน ตารางที่ 3 [14] แสดงองค์ประกอบเปรียบเทียบระหว่าง H.323 และ SIP จะเห็นได้ว่ามีข้อแตกต่างกันหลายประการ

*ตารางที่ 1. แสดง สรุปการเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง H.323 และ SIP*

| | H.323 v1 | H.323 v2 | H.323 v3 | SIP |
|---|---|---|---|---|
| ***FUNCTIONALITY*** | | | | |
| **CALL CONTROL SERVICES:** | | | | |
| **Call Holding** | No | Yes | Yes | Yes |
| **Call Transfer** | No | Yes | Yes | Yes |
| **Call Forwarding** | No | Yes | Yes | Yes |
| **Call Waiting** | No | Yes | Yes | Yes |
| **ADVANCED FEATURES:** | | | | |
| **Third Party Control** | No | No | No | Yes |
| **Conference** | Yes | Yes | Yes | Yes |
| **Click-for-Dial** | Yes | Yes | Yes | Yes |
| **Capability Exchange** | Yes&Better | Yes &Better | Yes &Better | Yes |
| ***QUALITY OF SERVICE*** | | | | |
| **Call Setup Delay** | 6~7 RT | 3~4 RT | 2~3 RT | 2~3 RT |
| **RELIABILITY:** | | | | |
| **Packet Loss Recovery** | Through TCP | Through TCP | Better | Better |
| **Fault Detection** | Yes | Yes | Yes | Yes |
| **Fault Tolerance** | N/A | N/A | Better | Good |
| ***MANAGEABILITY*** | | | | |
| **Admission Control** | Yes | Yes | Yes | No |
| **Policy Control** | Yes | Yes | Yes | No |
| **Resource Reservation** | No | No | No | No |
| ***SCALABILITY*** | | | | |
| **Complexity** | More | More | More | Less |
| **Server Processing** | Stateful | Stateful | Stateful or stateless | Stateful or Stateless |
| **Inter-Server Communication** | No | No | Yes | Yes |
| ***FLEXIBILITY*** | | | | |
| **Transport Protocol Neutrality** | TCP | TCP | TCP/UDP | TCP/UDP |
| **Extensibility of Functionality** | Vendor Specified | | | Yes, IANA |
| **Ease of Customization** | Harder | Harder | Harder | Easier |
| ***INTEROPERABILITY*** | | | | |
| **VersionCompatibility** | N/A | Yes | Yes | Unknown |
| **SCN Signaling Interoperability** | Better | Better | Better | Worse |
| ***EASE OF IMPLEMENTATION*** | | | | |
| **Protocol Encoding** | Binary | Binary | Binary | Text |

*ตารางที่ 2. แสดง สรุปการเปรียบระหว่าง H.323 และ SIP*

| Capability | Protocol | |
|---|---|---|
| | H.323 | SIP |
| Cost | High | Low |
| Complexity | High | Low |
| Maturity | Good | Poor |
| Scope of Definition | Full | Limited |
| Interoperability | Good | Some |
| SS7 Compatibility | Poor | Poor |
| Similar to ISDN | Yes | No |

*ตารางที่ 3. แสดงสรุปการเปรียบเทียบองค์ประกอบระหว่าง H.323 และ SIP*

| Requirement | The H.323 Way | The SIP Way |
|---|---|---|
| Call signaling | H.225/Q.931 | SIP INVITE Request/Response, ACK, BYE |
| Media Negotiation | H.245 Capability exchange or Q.931 Fast Start method | SDP embedded in SIP INVITE Req/Rsp, ACK |
| Registration, Location and admission service | H.225 RAS Protocol to gatekeeper | SIP REG request, to a variety of location services. Proxies locate things in processing an INVITE. |
| Media transmission | RTP | RTP |
| Centralized Call Control | Gatekeeper-routed call signaling | Use of SIP proxies |

## 5. การโปรแกรมสำหรับเทเลโฟนนี (Telephony Application Programming Interface: TAPI)

ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับ IP telephony ในปัจจุบันมีเครื่องมือ (tool) ช่วยในการเขียน เช่น API ต่างๆ ตัวอย่างเช่น JTAPI (Java Telephony API) และ TAPI (Telephony API) รวมทั้งยังได้มีผู้ผลิต Protocol stack ทำให้การสร้างแอปปลิเคชันสำหรับ IP telephony ทำได้สะดวกขึ้น เนื่องจากเครื่องมือเหล่านี้ได้ซ่อนรายละเอียดบางอย่างพร้อมทั้งได้ให้องค์ประกอบร่วมสำหรับแอปปลิเคชันในลักษณะเดียวกันซึ่งช่วยลดภาระในการพัฒนาโปรแกรมได้มาก

### 5.1 JTAPI (Java Telephony API)

JTAPI เป็นอินเตอร์เฟซในการเขียนโปรแกรมสำหรับ computer telephony ซึ่งถูกพัฒนาโดยบริษัท SUN (Sun Micro-System Co., LTD.) JTAPI ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายแต่มีคุณลักษณะต่างๆ ครบ ซึ่งสามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายตั้งแต่โปรแกรม call center ไปจนถึงการพัฒนาเว็บเพจ และยังสนับสนุนการควบคุมการเรียกจากแบบบุคคลที่หนึ่งและสาม (first และ third party call control) แอปปลิเคชันที่ถูกพัฒนาจาก JTAPI สามารถในไปใช้ในแพลตฟอร์มและระบบโทรศัพท์ต่างๆ กันได้ เนื่องจาก JTAPI ได้ใช้ภาษา Java ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาโดยภาษานี้จะสามารถรันได้โดยไม่ขึ้นกับแพลตฟอร์มใดๆ

ความต้องการของผู้พัฒนา JTAPI คือต้องการทำให้การพัฒนาโปรแกรมทำได้ง่าย และโปรแกรมสามารถทำงานได้บนแพลตฟอร์มต่างๆ รวมทั้งเครือข่ายโทรศัพท์ต่างๆ โดยการเขียนโปรแกรมเพียงครั้งเดียว JTAPI ช่วยให้ผู้พัฒนาไม่จำเป็นรู้หรือเข้าในกลไกบางอย่างของ IP telephony สำหรับการสร้างแอปปลิเคชันได้ในระดับกว้างตั้งแต่เดสทอปแอปปลิเคชันไปจนถึง call center รวมทั้ง JTAPI ยังได้ลดความแตกต่างระหว่างการควบคุมการเรียกจากบุคคลที่หนึ่งและสาม รวมทั้งความแตกต่างระหว่างการควบคุมการเรียก (call control) และการควบคุมสื่อมีเดีย (media control) นอกจากนี้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถที่พัฒนาโดยใช้ JTAPI อยู่บน telephony API อื่นๆ ได้ เช่น TAPI และ TSAPI

### 5.2 TAPI (Telephony API)

TAPI เป็น API บนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ (Microsoft Windows) ซึ่งทำให้แอปปลิเคชันสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานในระบบโทรศัพท์ได้ TAPI ได้ถูกพัฒนาโดยไมโครซอฟท์เพื่อรองรับเทคโนโลยี IP telephony ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนาแอปปลิเคชันสำหรับ IP telephony ทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น TAPI ได้ให้อินเตอร์เฟซของฟังก์ชันการควบคุมการเรียก (call control) สำหรับโปรโตคอลสื่อสารชนิดต่างๆ ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ได้โดยไม่ต้องสร้างขึ้นมาเอง ในปัจจุบัน TAPI เป็นเวอร์ชัน 3.0 ซึ่งใช้ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ 2000 (Windows 2000) เวอร์ชัน 3 นี้มีการพัฒนาจากเวอร์ชัน 2 คือ TAPI 2.1 API เป็น COM ทำให้แอปปลิเคชัน TAPI ถูกพัฒนาจากภาษาใดก็ได้ เช่น C++ หรือ Visual Basic และยังใช้ Active Directory ของวินโดว์ 2000 ช่วยทำให้การจัดการเกี่ยวกับเครือข่ายภายในองค์กร์ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจาก

นั้น TAPI 3.0 ยังสนับสนุนในเรื่องของคุณภาพการให้บริการ (QoS) รวมทั้งสนับสนุนมาตรฐาน H.323 ซึ่งพัฒนาโดย ITU

## 6. การเชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอล H.323 และ SIP (SIP and H.323 Interconnection)

ในการเปรียบเทียบระหว่าง H.323 และ SIP [8] จะเห็นทั้งสอง โปรโตคอลต่างก็มีทั้งข้อดีข้อเสีย และโปรโตคอลทั้งสองยังมีแนวโน้มในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน (เช่น กำลังมี H.323 Version 4 [11]) ทำให้ระบุได้ยากว่าโปรโตคอลใดเหมาะที่จะใช้มากกว่า ถึงแม้ว่า SIP จะมีข้อดีกว่ามากโดยเฉพาะเรื่องความไม่สลับซับซ้อน แต่โปรโตคอล H.323 ได้ถูกนำมาใช้งานจริงแล้วในปัจจุบัน เช่น Microsoft Netmeeting ดังนั้นการเชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอลทั้งสองจึงเป็นสิ่งจำเป็น[12] เพื่อให้สามารถเกิดการเชื่อมต่อระหว่างแอปปลิเคชันหรือผลิตภัณฑ์ได้อย่างครอบคลุมไม่ว่าจะใช้โปรโตคอล H.323 หรือ SIP

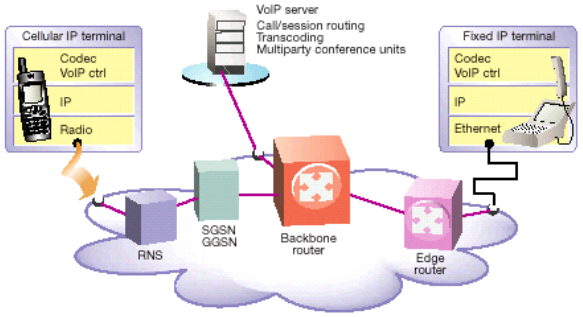
โปรโตคอลทั้งสองทำงานอยู่บนโปรโตคอล IP และใช้ RTP ในการส่งข้อมูลมัลติมีเดีย ดังนั้นในการเชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอลทั้งสอง จึงเชื่อมต่อเฉพาะในส่วนที่เป็น การส่งสัญญาณ และส่วนที่ให้รายละเอียดของเซสชันการสื่อสาร(session description) เอนทิตี้ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อจะเรียกว่า SIP-H.323 signaling gateway (SGW) โดยจะเรียกเครือข่ายที่ต้องเชื่อมต่อโดยผ่าน SGW ว่าเครือข่ายภายนอก (foreign network) เช่น เมื่อพิจารณาเครือข่ายที่ใช้ SIP เครือข่าย H.323 จะเป็นเครือข่ายภายนอก ในการเชื่อมต่อจะเป็นลักษณะที่เทอร์มินัลไม่จำเป็นต้องรู้ว่าเทอร์ปลายทางเป็นเทอร์มินัลในเครือข่ายภายนอกหรือไม่โดยที่ผู้ใช้อาจจะเปลี่ยนโปรโตคอลที่ใช้ได้โดยที่ยังคงใช้แอดเดรสเดิม ซึ่งในวิธีนี้ต้องการการลงทะเบียนข้อมูลของเทอร์มินัลหรือผู้ใช้ให้กับเครือข่ายภายนอก

ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย H.323 และ SIP SGW จะต้องทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลจากทั้งสองเครือข่าย โดยส่วนที่จำเป็นต้องมีการแปลงมีดังนี้

- การสร้างการเรียก (call setup) SGW ต้องทำหน้าที่ในการแปลง ขั้นตอนในการสร้าง การเรียก ระหว่างโปรโตคอลทั้งสอง ข้อมูลที่ใช้ได้แก่ แอดเดรสปลายทางในการส่ง การส่งสัญญาณ ความสามารถทางด้านมีเดีย (media capability) และแอดเดรสที่ใช้ในการรับมีเดีย SGW จะนำข้อมูลเหล่านี้จากเครือข่ายหนึ่งแล้วส่งไปในอีกเครือข่ายหนึ่งในรูปแบบและตามขั้นตอนที่ถูกต้อง H.323 ข้อมูลเหล่านี้จะกระจายอยู่ในแมสเสจตามขั้นตอนต่างๆ แมสเสจ SETUP TermCapSet เป็นต้น แต่สำหรับ SIP ข้อมูลจะอยู่ในแมสเสจเดียว คือแมสเสจ INVITE หรือแมสเสจที่ใช้ในการตอบ (response) ดังนั้นในการแปลงจาก SIP ไปเป็น H.323 จึงทำได้โดยตรง โดยการนำข้อมูลจากแมสเสจ แล้วแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆใน H.323 แต่การแปลงในทางกลับกันจะมีความซับซ้อนมากกว่า เพราะว่าจะต้องทำการรวบรวมข้อมูลจาก แมสเสจ H.323 ในหลายขั้นตอนเพื่อรวมเป็นเพียงแมสเสจเดียวใน SIP
- การลงทะเบียนของผู้ใช้ (user registration) SGW จำเป็นต้องหาตำแหน่งที่ถูกต้องของผู้ถูกเรียกหรือปลายทางได้โดยจะต้องทำการแปลงเป็น IP แอดเดรส ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการแปลงจะได้จากการลงทะเบียนของผู้ใช้จากทั้งสองเครือข่าย ข้อมูลเหล่านี้จะรับผิดชอบโดย registrar ใน SIP และ gatekeeper ใน H.323 โดยที่ SGW จะต้องสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ได้
- คำอธิบายรายละเอียดของเซสชัน (session description) ใน SIP โดยทั่วไปแล้วจะใช้ SDP ในการให้รายละเอียดของเซสชันหรือความสามารถทางด้านมีเดีย (media capability) แต่สำหรับ H.323 จะใช้ชุดของ Capability Descriptor ในโปรโตคอล H.245 SGW ต้องสามารถแปลงข้อมูลระหว่างทั้งสองโปรโตคอลได้ ในการแปลงจาก SDP ไปเป็น H.245 สามารถทำได้ไม่ยาก เนื่องจากว่า Capability Descriptor สามารถจะให้รายละเอียดได้มากกว่าการใช้ SDP ทำให้ในการแปลงจาก H.245 ไปเป็น SDP ทำได้ยากกว่า วิธีหนึ่งที่สามารถทำได้คือการส่งแมสเสจ SDP หลายแมสเสจใน ส่วน message body ของแมสเสจ INVITE หรือตอบสนอง(response) โดยที่แมสเสจ SDP แต่ละแมสเสจใช้แทนแต่ละ Capability Descriptor

## 7. ไอพีเทเลโฟนนีสำหรับเครือข่ายไร้สาย (IP Telephony over Wireless Networks: VoIPoW)

ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 2 มีข้อจำกัดในการใช้งานอินเตอร์เน็ตหลายประการโดยเฉพาะ bandwidth และคุณภาพการบริการ ในโทรศัพท์รุ่นที่ 3 นี้ การทำงานร่วมกับ IP Network ได้รับการพัฒนาที่ดีขึ้น ซึ่งโทรศัพท์มือถือจะทำหน้าที่คล้ายกับ Mobile IP Device อย่างไรก็ดี การใช้งาน IP บนเครือข่ายไร้สายจะทำให้เกิด overhead สูงมาก การใช้งาน IP สำหรับมือถือจะเรียกว่า Voice over IP over Wireless (VoIPoW) รูปที่ 5. แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ VoIPoW มาตรฐาน H.322 และ SIP สามารถรองรับการใช้งานของ VoIPoW




*รูปที่ 5. แสดงการเชื่อมโยงระหว่างไอพีเทเลโฟนนีชนิดเคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่*

การทำงานในรูปที่ 5. [9] เป็นดังนี้ โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถใช้ในโปรแกรมประยุกต์ต่างๆหรือทำการสนทนาทางโทรศัพท์กับโทรศัพท์ปลายทางได้ (ทั้งชนิดเคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่) เสียงพูดจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของเพ็กเกตโดย Voice Codec (เช่น GSM ) จากนั้นจะถูกส่งไปให้ระดับ IP และถูกส่งต่อไปในระดับ Radio-access network (RAN) จากนั้นจะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุไปยังสถานีฐาน (RNS: Radio Network Service) เพื่อส่งต่อไปยังสถานีแม่ (SGSN/GGSN) หลังจากนี้ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งเข้าไปยัง data network (เช่น IP Network, ATM Network) ข้อมูลจะถูกส่งไปจนถึงปลายทางตามกลไกปรกติของเครือข่าย กล่าวโดยสรุปแล้วระดับชั้น IP จะไม่ถูกกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับใช้ล่างลงไป เช่น RAN ดังนั้นการประยุกต์ใช้ VoIP สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถกระทำได้ดีเช่นเดียวกับโทรศัพท์ทั่วไป

## 8. สรุป

โปรโตคอลอินเตอร์เน็ตเทเลโฟนี จะถูกนำมาใช้เป็นโปรโตคอลหลักในการสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ในอนาคตอันใกล้นี้ โดยอุปกรณ์การสื่อสารจะทำงานเป็น mobile IP device ขณะนี้มี 2 มาตรฐานหลักคือ SIP ซึ่งเป็นข้อกำหนดของ IETF และ H.323 ซึ่ง เป็นข้อกำหนดของ ITU จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าขณะนี้อุปกรณ์ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะทำงานตามมาตรฐาน H.323 เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างสมบูรณ์ ขณะที่ SIP ยังเป็นมาตรฐานที่ค่อนข้างใหม่ บางส่วนยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา แต่อย่างไรก็ดี H.323 มีความซับซ้อนและยุ่งยากในการพัฒนากว่า SIP มาก น่าจะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการพัฒนา นอกจากนี้รูปแบบของ SIP กำลังได้รับการพัฒนาร่วมกับโปรแกรมอื่น เช่น Java จึงเป็นไปได้ว่า SIP อาจจะมีการนำไปใช้กว้างขวางกว่าในอนาคตอันใกล้นี้ ข้อดีอีกประการหนึ่งของ SIP คือ การใช้งานทางด้าน Mobile device เนื่องจาก SIP ถูกออกแบบให้มี mobility ที่สูงกว่า H.323 อย่างไรก็ตามการรองรับการใช้งานทั้ง 2 มาตรฐานเป็นสิ่งจำเป็น การทำงานในลักษณะ Dual Mode น่าจะเป็นแนวทางของอุปกรณ์โทรศัพท์ทั้งชนิดแบบเคลื่อนที่ และไม่เคลื่อนที่

## รายการคำย่อ

| | |
|---|---|
| ASN.1 | Abstract syntax notation |
| CGI | Common gateway interface |
| CPL | Call processing language |
| DNS | Domain name system |
| DSP | Digital signal processing |
| G.711 | Pulse Code Modulation (PCM) 48 to 64 kbps |
| G.723.1 | Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s |
| G.729 | C source code and test vectors for implementation verification of the G.729 8 kbit/s CS-ACELP speech coder |
| H.225.0 | Call signaling protocols and media stream packetisation for packet-based multimedia (includes Q.931 and RAS) |
| H.235 | Security and encryption for H-series multimedia terminals |
| H.245 | Control protocol for multimedia communications |
| H.261 | Video codec for audiovisual services at p x 64 Kbit/s |
| H.263 | Video coding for low bit rate communications |
| H.323 ver 1 | Visual telephone system and equipment for LAN that provide a non-guaranteed QoS |
| H.323 ver 2-4 | Packet-based multimedia communications systems |
| H.450.x | Supplementary services for multimedia (call transfer, diversion, hold, park and pickup, call waiting, message waiting) |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| IPDC | IP device control |
| IPTel | IP Telephony หรือ Internet Telephony |
| IMTC | International Multimedia Teleconferencing Consortium |
| ITU | International Telecommunication Union |
| JTAPI | Java telephony application programming interface |
| LDAP | Lightweight directory access protocol |

| | |
|---|---|
| MC | Multipoint controller |
| MCU | Multipoint control unit |
| MGCP | Media gateway control protocol (RFC 2705) |
| MP | Multipoint processor |
| PER | Packet encoding rule |
| PSTN | Public switching telephone network |
| QCIF | Quarter common intermediate format |
| QoS | Quality of Service |
| RTP | Real-time transport protocol (RFC 1889) |
| RTCP | Real-time transport control protocol (RFC 1889) |
| RTSP | Real-time Streaming Protocol (RFC 2326) |
| SDP | Session description protocol (RFC 2327) |
| SGW | Signaling gateway |
| SGCP | Simple gateway control protocol |
| SIP | Session initial protocol (RFC 2543) |
| T.120 | Data protocols for multimedia conferencing |
| TAPI | Telephony application programming interface |
| URL | Uniform resource locator |
| VoIP | Voice over IP |
| VoIPoW | Voice over IP over Wireless |

## แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

1. Free h.323: http://www.h323.org/
2. The OpenH323 Project: http://www3.openh323.org/
3. Open Phone: http://openphone.org/
4. OpenH323 Gatekeeper: http://www.willamowius.de/
5. Vovida Open Source Networks: http://www.vovida.com/opensource.html
6. H.323 Corner: http://www.meetingbywire.com/netmeetingh323.htm
7. Network Packetizer: http://www.packetizer.com/
8. Java H.323 Engine: http://www.alphaworks.ibm.com/tech/j323engine
9. IETF IPTEL Working Group Homepage: http://www.bell-labs.com/mailing-lists/iptel/
10. SIP Open Source: http://siphon.sourceforge.net/

## เอกสารอ้างอิง

[1] M.Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, “SIP : session initial protocol”, RFC 2543, Internet Engineering Task Force, Mar 1999

[2] International Telecommunication Union, “Packet based multimedia communication system”, recommendation H.323, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Feb. 1998

[3] H. Schulzrinne, A. Rao, R. Lanphier, “Real time streaming protocol (RTSP)”, RFC 2326, Internet Engineering Task Force, Apr. 1998

[4] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, “RTP: a transport protocol for real-time application”, RFC 1889, Internet Engineering Task Force, Jan 1996

[5] International Telecommunication Union, “Media stream packetization and synchronization on non-guaranteed quality of service LANs”, recommendation H.225.0, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Nov. 1996

[6] International Telecommunication Union, “Control protocol for multimedia communication”, recommendation H.245, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Nov. 1998

[7] R. Braden, L. Zhang “Resource Reservation Protocol (RSVP)-version1 functional specification”, RFC 2205, Internet Engineering Task Force, Sep 1997

[8] K. Singh, H. Schulzrinne, “Interworking between SIP/SDP and H.323”, Internet Draft, Internet Engineering Task Force, Jan 2000,

[9] G. AP Eriksson, B. Olin, K. Svanbro and D. Turina, “The challenges of voice-over-IP-over-wireless,” Ericsson Review No. 1, 2000, pp.20-31.

[10] C. Andersson and P. Svensson, “Mobile Internet—An industry-wide paradigm shift?,” Ericsson Review No. 4, 1999, pp.207-213

[11] I. Sebestyen, “ITU-T Standards Update on H.323, H.248,” IMTC Fall Forum, October 2000.

[12] R. Baird, “SIP-H.323 Interconnecting Issues,” IMTC Fall Forum, November 2000.

[13] Nortel Networks., Inc., “A Comparison of H.323v4 and SIP,” Tdoc S2-000505, 3GPP2, January 2000.

[14] A. Percy, “IP Telephony Inter-Gateway Protocols,” Brooktrout Technology, Inc. www.brooktrout.com

**สินชัย กมลภิวงศ์** สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีและปริญญาโททางวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และปริญญาเอกทางด้านวิศวกรรรมไฟฟ้าและสื่อสารจาก The University of New South Wales ประเทศออสเตรเลีย ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำและดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ งานวิจัยที่สนใจคือ ATM/Broadband Networks IP Networks and Multimedia Communications Modeling and Simulation in Computer Networks ปัจจุบัน เป็นกรรมการใน Computer Communications Society สาขาประเทศไทย และเป็นสมาชิกสมาคมวิชาการ IEEE ACM และ Computer Society

**ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ** จบปริญญาตรีทางวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาสื่อสาร จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จบปริญญาโท และปริญญาเอกทางด้านวิศวกรรรมโทรคมนาคมจาก University of Essex ประเทศอังกฤษ งานวิจัยหลักประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ ส่วนแรกคือ การออกแบบและพัฒนาระบบสื่อสาร โทรคมนาคมความเร็วสูง เช่น เทคโนโลยี WDM ATM MPLS และ TCP/IP เป็นต้น ส่วนที่สองคือ การพัฒนาระบบสื่อสารไร้สาย เช่น Wireless ATM, Mobile IP, GSM, CDMA, IMT2000 และ MAC protocol แบบต่าง ๆ ในปัจจุบันได้เริ่มมีการศึกษากรรมวิธีการเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบเทอร์โบ ปัจจุบัน ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**สถิตพงศ์ พุทธิประเสริฐ** เกิดเมื่อวันที่ 16 เมษายน พ.ศ.2520 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาโทรคมนาคม จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในสาขาและภาควิชาเดียวกัน โดยมีความสนใจในเรื่อง ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และ อินเตอร์เน็ทเทเลโฟนนี