สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

รายงานผลการวิจัย

การสื่อสารด้วยเสียงบนเครือข่ายไร้สาย

Voice communication over Wireless Network

โดย

นาย เกียรติณรงค์ ทองประเสริฐ

นาย จิระศักดิ์ สิทธิกร

นาย อำนาจ ขาวเน

ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร

RCH
TK
5103.2
ก525

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 84480
วัน,เดือน,ปี 13 ต.ค. 2551

เสนอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

11 พ.ค. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

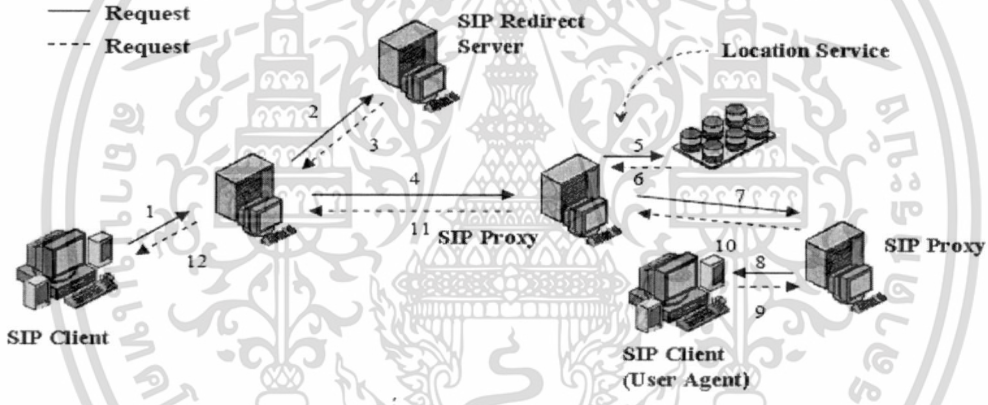
1. สถาปัตยกรรมและองค์ประกอบของ SIP (SIP architecture & Components)

ในการที่จะสร้างเซสชัน การสื่อสารระหว่างซิพเซิร์ฟเวอร์(SIP server)กับผู้ใช้บริการ (SIP client) ให้สำเร็จได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบในการเชื่อมต่อให้ครบอย่างน้อย 4 อย่างคือ

1.1 ยูสเซอร์เอเจนท์ (User Agent)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แทนผู้ใช้ในการติดต่อสื่อสาร (Endpoint) และเนื่องจากผู้ใช้สามารถทำได้ทั้งการร้องขอและการตอบกลับ ดังนั้นยูสเซอร์เอเจนท์ควรที่จะสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่ผู้ใช้ทำการร้องขอ ผู้ใช้จะทำหน้าที่เป็นไคลเอนท์เพื่อทำการร้องขอไปยังผู้ถูกเรียกซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ในการตอบสนองการร้องขอ โดยทั่วไปยูสเซอร์เอเจนท์จึงประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เป็นไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ดังนี้

1. **ยูสเซอร์เอเจนท์ไคลเอนท์ (UAC : User agent client)** จะทำหน้าที่ในการเริ่มการเรียกโดยการส่งข้อความร้องขอไปยังผู้ถูกเรียกโดยผ่านทางเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 1.1 แสดงสถาปัตยกรรมซิพ

2. **ยูสเซอร์เอเจนท์เซิร์ฟเวอร์ (UAS : User agent server)** จะทำหน้าที่ในการรับคำร้องขอและตอบสนองต่อคำร้องขอโดยจะรอการตอบสนองจากผู้ใช้ ซึ่งการตอบสนองอาจจะเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธการเรียก ในกรณีที่ผู้ใช้มีการใช้งานเทอร์มินัลหลายตัว ผู้ใช้ยังอาจจะกำหนดให้ UAS ทำการปรับทิศทางใหม่ (redirect) ไปยังที่ UAS อื่นที่ผู้ใช้ใช้งานอยู่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์

เป็นเซิร์ฟเวอร์ภายในเครือข่ายซึ่งจะทำหน้าที่ในการจัดการกับข้อความที่ได้รับโดยอาจจะได้รับจากยูสเซอร์เอเจนท์หรือเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์อื่นๆ การจัดการกับข้อความจะขึ้นกับชนิดของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมี 2 ชนิดคือ

1. รีจิสตราเซิร์ฟเวอร์ (Registrar Server) ทำหน้าที่รับการลงทะเบียนจากผู้ใช้บริการ เพื่อเก็บข้อมูลที่อยู่ ชื่อ SIP URL และข้อมูลสำคัญๆ ของผู้ใช้บริการ

2. พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Proxy server) จะทำการกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับข้อมูลต่อไป โดยเอนทิตี้ที่จะรับข้อมูลอาจจะเป็น UAS หรือเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ก็ได้ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะเป็นผู้ทำการร้องขอไปยังเอนทิตี้นั้น พร้อมกับส่งข้อมูลตอบสนองให้กับผู้ที่ร้องขอมา เพื่อระบุว่ากำลังรอการตอบสนองจากผู้ถูกเรียก เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับการตอบสนองจากผู้ถูกเรียกเซิร์ฟเวอร์จึงจะส่งข้อความตอบกลับต่อกลับไปให้กับผู้ที่ร้องขอมาเซิร์ฟเวอร์ชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นทั้งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ในกรณีที่ส่งข้อความร้องขอ จะเป็นไคลเอนท์ ส่วนในกรณีที่ส่งข้อความร้องขอ (Request Message) จะเป็นเซิร์ฟเวอร์

3. รีไดเรคท์เซิร์ฟเวอร์ (Redirect Server) เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับส่งข้อความร้องขอแล้วจะกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับข้อมูลต่อไป จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะส่งแอดเดรสของเอนทิตี้นั้นไปให้กับผู้ที่ร้องขอมา เมื่อผู้ที่ร้องขอมาได้รับแอดเดรสไปแล้วจึงจะทำการส่งคำร้องไปยังเอนทิตี้นั้นด้วยตนเอง เนื่องจากว่าผู้ใช้อาจจะมีการเปลี่ยนเทอร์มินัลที่ใช้งานได้เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์จะต้องสามารถกำหนดเอนทิตี้ที่รับข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งข้อความไปให้กับผู้ถูกเรียกได้เมื่อมีการเปลี่ยนเทอร์มินัล เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์จะทำการติดต่อกับโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ (location server) เพื่อกำหนดเอนทิตี้ต่อไปที่จะรับข้อมูลโลเคชันเซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่ในการหาตำแหน่งปัจจุบันของผู้ถูกเรียกโดยการกำหนดเอนทิตี้ที่จะรับข้อความต่อไปแล้วส่งแอดเดรสของเอนทิตี้นี้เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ข้อมูลของโลเคชันเซิร์ฟเวอร์จะได้รับจากรีจิสตราร์เซิร์ฟเวอร์ (registrar server) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของผู้ใช้ แล้วส่งข้อมูลนี้ไปโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ ในการให้ข้อมูลของผู้ใช้กับ รีจิสตราร์เซิร์ฟเวอร์จะทำได้โดยใช้ข้อความ REGISTER เพื่อบอกตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ โดยทั่วไปแล้วรีจิสตราร์เซิร์ฟเวอร์ จะถูกรวมเข้ากับนี้เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์

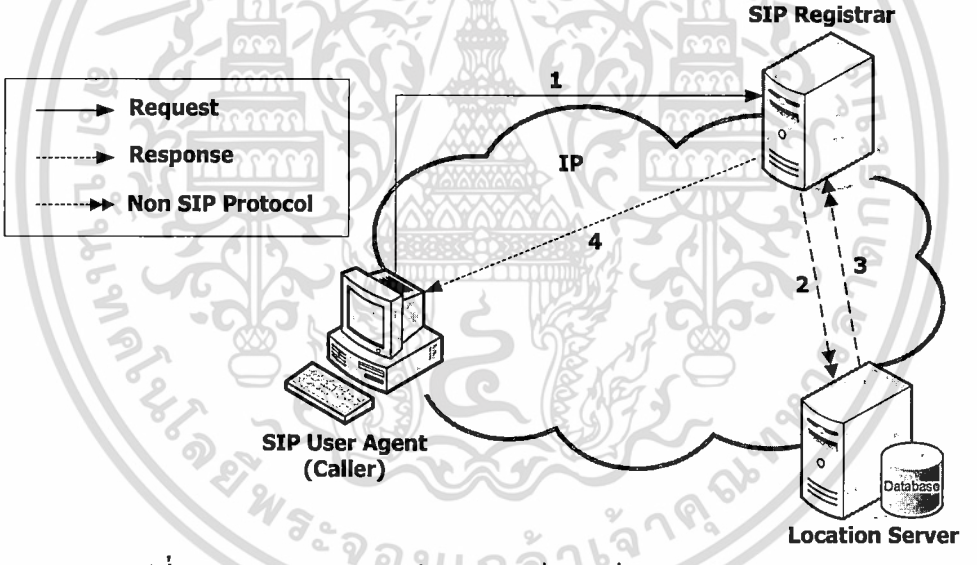
4. โลเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Location Server) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลหรือเป็นฐานข้อมูลผู้ใช้บริการให้กับตัวเน็ตเวิร์คเซิร์ฟเวอร์(Network Server) ได้ ทำให้ป้องกันปัญหาเรื่องของขนาดฐานข้อมูลไม่เพียงพอและความปลอดภัยของข้อมูลได้ ตามมาตรฐานซิพอนุญาตให้สามารถพัฒนาตัวโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ไว้เป็นตัวเดียวกันกับตัวซิพเซิร์ฟเวอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การทำงานของซิพเซิร์ฟเวอร์

2.1 รีจิสตราเซิร์ฟเวอร์(Registrar Server)

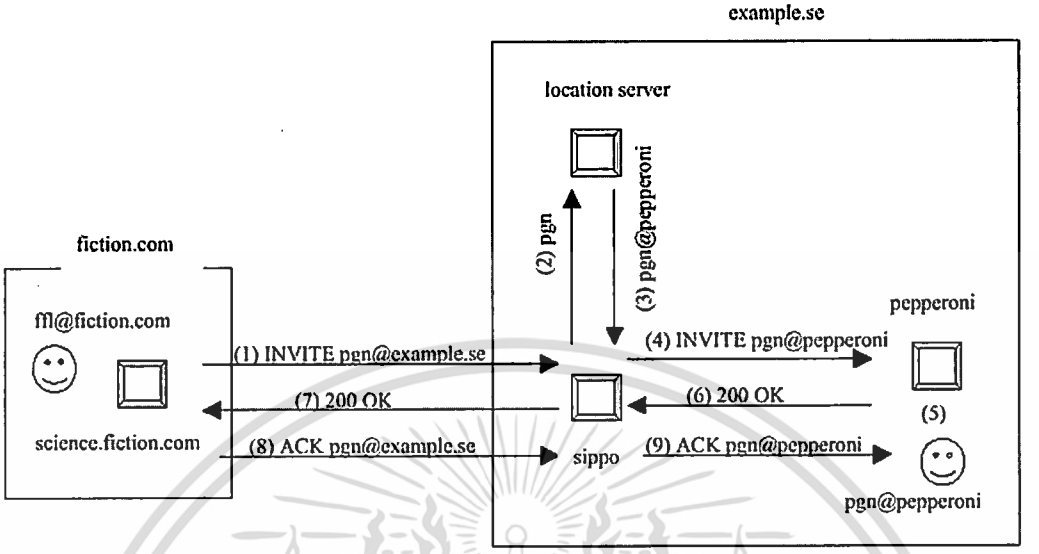
เป็นซิพเซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่ในการรับการลงทะเบียนจากผู้ใช้บริการ โดยจะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดไว้ในโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งโดยทั่วไปรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์(Registrar Server) ก็คือ ซิพเซิร์ฟเวอร์ เมื่อทำหน้าที่รับการลงทะเบียนนั่นเอง ดังแสดง เมื่อผู้ร้องขอการติดต่อทำการส่งข้อความร้องขอ(Request Message) ไปยังซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์ ตัวซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์จะทำการติดต่อไปยัง โลเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อถามหาที่อยู่ของผู้ถูกร้องขอการติดต่อโดยสัญญาณที่ใช้นี้ตามมาตรฐานของซิพไม่มีการกำหนดไว้ ดังนั้น ซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์สามารถกำหนดรูปแบบของสัญญาณที่ใช้ติดต่อระหว่าง ซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์กับ โลเคชันเซิร์ฟเวอร์ได้เอง ต่อมาเมื่อ โลเคชันเซิร์ฟเวอร์สามารถหาที่อยู่ได้แล้วก็จะส่งมาบอกกับ ซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์ หลังจากนั้น ซิพรีจิสตราเซิร์ฟเวอร์จะส่ง ข้อความตอบกลับ (Response Message) ไปให้ผู้ร้องขอการติดต่อเพื่อบอกที่อยู่ของผู้ถูกร้องขอการติดต่อตามที่ผู้ร้องขอการติดต่อต้องการ



รูปที่ 2.1 การทำงานแบบ รีจิสตราเซิร์ฟเวอร์(Registrar Server)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Proxy Server)



รูปที่ 2.2 การทำงานของ ซิพพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์(SIP Proxy Server)

การทำงานของซิพพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์สามารถอธิบาย โดยพิจารณาตัวอย่างการทำงาน จากรูปที่ 2.2 ผู้ร้องขอการติดต่อมีซิพยูอาร์แอล (SIP URL) คือ ffl@fiction.com โดยมีที่อยู่จริงที่ science.fiction.comซึ่งอยู่ในเครือข่ายของ fiction.com สำหรับผู้ถูกร้องขอการติดต่อมีซิพยูอาร์แอล (SIP URL)คือ pgn@example.se และมีที่อยู่คือ pgn@pepperoni อยู่ในเครือข่ายของ example.se ซึ่งมีซิพเซิร์ฟเวอร์เป็นแบบพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์โดยมีชื่อว่า คือ sippo เมื่อผู้ร้องขอการติดต่อ ffl@fiction.com ต้องการติดต่อไปยัง pgn@pepperoni โดยผู้ถูกร้องขอการติดต่อนี้ได้ทำการลงทะเบียน(Register) ไว้กับซิพเซิร์ฟเวอร์ sippo แล้ว เริ่มต้นผู้ร้องขอการติดต่อจะทำการส่ง INVITE Message (1) ไปยังซิพเซิร์ฟเวอร์ เพื่อบอกว่าต้องการติดต่อไปยังผู้ถูกร้องขอการติดต่อใด โดยทำการระบุซิพยูอาร์แอล (SIP URL) ของผู้ถูกร้องขอการติดต่อด้วย นั่นคือ pgn@example.se เมื่อ ซิพเซิร์ฟเวอร์ ได้รับ INVITE Message นี้แล้ว ซิพเซิร์ฟเวอร์จะทำการหาที่อยู่โดยถามจากโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ โดยส่งชื่อ (2) ของผู้ถูกร้องขอการติดต่อไปให้จากนั้น โลเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Location Server) จะหาที่อยู่แล้วตอบกลับมาในที่นี้คือ pgn@pepperoni (3) จากนั้นซิพเซิร์ฟเวอร์จะทำการเปลี่ยนแปลง SIP Message บางอย่างเพื่อให้สามารถส่งไปยังปลายทางที่ pgn@pepperoni ได้ นั่นคือจะส่ง INVITE Message pgn@pepperoni (4) ไป เมื่อ pgn (5) ได้รับแล้วจึงตอบรับการติดต่อโดยส่งข้อความตอบกลับ (Response Message)เป็นรหัส 200 OK (6) กลับมายังซิพเซิร์ฟเวอร์จากนั้น ซิพเซิร์ฟเวอร์ ก็ทำการส่งต่อ(7)ไปให้ ffl@fiction.com เพื่อให้รับรู้ว่าได้รับข้อความตอบกลับ(Response Message) นี้แล้วจึงต้องมีการส่ง ACK Message (8)ไปบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย SIP Server เมื่อได้รับ ACK Message ก็ทำการส่งต่อไปยัง pgn โดยทำการเปลี่ยนแปลง SIP Message เพื่อระบุที่อยู่ของ pgn นั่นคือ ACK pgn@pepperoni (9) หลังจากขั้นตอนนี้ SIP Client ทั้ง 2 ฝ่ายจะทำการส่งข้อมูลเสียงโดยไม่ผ่านซิพเซิร์ฟเวอร์

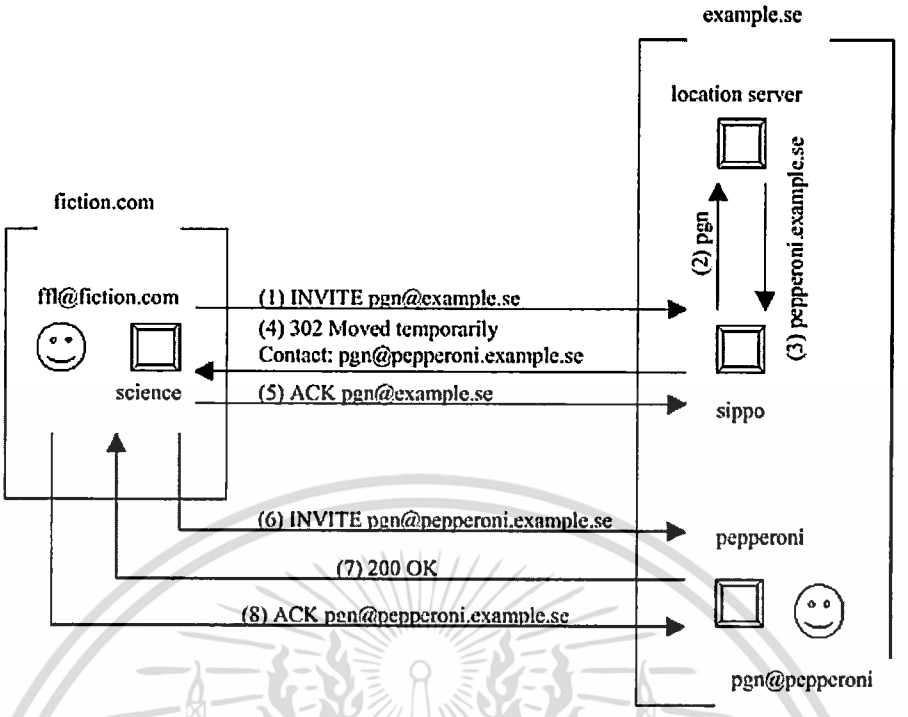
ดังจะเห็นได้ว่าพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ จะทำหน้าที่ในการรับภาระหรือรับผิดชอบการติดต่อระหว่างผู้ร้องขอการติดต่อและผู้ถูกร้องขอการติดต่อ ทำให้พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์สามารถทำการเพิ่มเติมความสามารถต่างๆ เพื่อให้สามารถให้บริการผู้ใช้บริการได้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการทำงานในลักษณะนี้ทำให้ต้องสูญเสียเวลาในช่วงการติดต่อที่ทำโดยตัวพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์และตัวพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์สามารถให้บริการผู้ให้บริการ ได้จำกัดขึ้นอยู่กับความสามารถของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ นั้นๆ ที่จะสามารถรองรับการบริการกับผู้ใช้บริการ ที่ทำการติดต่อได้มากน้อยเพียงไร

2.3 รีไดเรคเซิร์ฟเวอร์(Redirect Server)

สามารถอธิบายโดยพิจารณาตัวอย่างการทำงานจากรูปที่ 2.3 ผู้ร้องขอการติดต่อมี ซิพยูอาร์แอล (SIP URL)คือ ffl@fiction.com อยู่ในเครือข่ายของ fiction.com ผู้ถูกร้องขอการติดต่อ ชื่อ pgn มีที่อยู่คือ pgn@pepperoni โดยมีซิพยูอาร์แอล(SIP URL) คือ pgn@example.se อยู่ในเครือข่าย example.se ซึ่งมีซิพเซิร์ฟเวอร์ แบบรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์(Redirect Server) ชื่อ sippo เมื่อผู้ร้องขอการติดต่อ ffl@fiction.com ต้องการติดต่อไปยัง pgn ผู้ร้องขอการติดต่อจะทำการติดต่อไปยังรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์เพื่อถามหาที่อยู่ของ pgn ดังนั้นจึงส่ง INVITE Message (1) ไปยังรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะทำการถามที่อยู่จากโลเคชันเซิร์ฟเวอร์ โดยส่งชื่อ pgn (2) ไป เมื่อโลเคชันเซิร์ฟเวอร์สามารถหาที่อยู่ได้แล้วจะส่งที่อยู่ที่ได้กลับมาคือ pepperoni.example.se (3) จากนั้นรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์จะส่งที่อยู่นี้ไปให้ผู้ร้องขอการติดต่อ ffl@fiction.com โดยส่งเป็น Response Message ซึ่งมี รหัส คือ 302 Moved temporarily (4) ซึ่งจะใช้สำหรับ ซิพเซิร์ฟเวอร์แบบรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์และเพื่อเป็นการยืนยันว่าได้รับที่อยู่นี้แล้วผู้ร้องขอการติดต่อจึงทำการส่ง ACK Message (5) ไปยัง รีไดเรคเซิร์ฟเวอร์โดยขั้นตอนการติดต่อหลังจากนี้ผู้ร้องขอการติดต่อจะทำการติดต่อกับปลายทางที่ต้องการเอง โดยเริ่มตั้งแต่การส่ง INVITE Message (6) ไปยัง pgn ตามที่อยู่ที่ได้จากรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์นั้น เมื่อ pgn ได้รับการติดต่อก็จะส่งข้อความตอบกลับ(Response Message) (7) กลับมา และเพื่อให้รับรู้ว่าได้รับการตอบรับแล้วจึงส่ง ACK Message (8) บอกไปยัง pgn หลังจากนี้ทั้ง 2 ฝ่ายก็จะทำการส่งข้อมูลเสียงตามลำดับ

สำหรับในตัวอย่างข้างต้นเป็นการติดต่อโดยได้รับที่อยู่เดียวจากรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์ แต่หากได้รับมากกว่า 1 ที่อยู่ การทำงานในการติดต่อไปยังทุกๆ ที่อยู่ที่ได้รับนั้น โอกาสที่จะติดต่อได้จะขึ้นอยู่กับผู้ร้องขอการติดต่อ ดังนั้นหากใช้เป็นพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ การจัดการส่วนนี้พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์จะทำให้การทำงานง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การทำงานของซิพรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์(SIP Redirect Server)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระหว่างพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับรีไดเรคเซิร์ฟเวอร์

พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Proxy Server)	รีไดเรคเซิร์ฟเวอร์ (Redirect Server)
ทำงานได้ทั้งแบบสเตทเลสและสเตทฟูล	สามารถรองรับการทำงานหรือให้บริการกับยูสเซอร์เอเจนท์ไคลเอนท์ได้จำนวนมาก
มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง และ สามารถเพิ่มเติมการบริการได้ต้องการ	หน้าที่หรือความรับผิดชอบในการติดต่อจะขึ้นอยู่กับยูสเซอร์เอเจนท์ไคลเอนท์
รับผิดชอบการติดต่อในทุกขั้นตอนการติดต่อทั้งหมด	
จำนวนยูสเซอร์เอเจนท์ไคลเอนท์ที่สามารถรองรับหรือให้บริการได้ขึ้นอยู่กับการแบ่งส่วนการทำงานของซิพเซิร์ฟเวอร์	
อาจสร้างเป็น Hybrid (semi-stateful) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ซิพไคลเอนท์	
หากไม่มีการจัดการการบริการ ยูสเซอร์เอเจนท์-ไคลเอนท์เป็นอย่างดี อาจทำให้ไม่สามารถให้บริการยูสเซอร์เอเจนท์ไคลเอนท์ที่เข้ามาได้หมดทุกตัว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การร้องขอของซิพ (SIP Request)

RFC 3261 (SIP) มี 6 แบบ ได้แก่

- INVITE ใช้เมื่อไคลเอนท์ ต้องการสร้างเซสชันเพื่อติดต่อ
- ACK ใช้เมื่อไคเอนท์ได้รับการตอบกลับจาก INVITE ภายในเวลาที่กำหนด
- BYE ใช้เมื่อต้องการสิ้นสุดการเชื่อมต่อ ซึ่งผู้ส่งและผู้รับสามารถส่งได้เหมือนกัน
- CANCEL ใช้เพื่อยุติการค้นหา แต่ไม่สามารถใช้ยกเลิกสายที่รับแล้วได้
- OPTIONS ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์
- REGISTER ใช้ระบุ Address ของข้อมูล To ในซิพเซิร์ฟเวอร์

RFC 3262 เพิ่มความน่าเชื่อถือในการตอบกลับของซิพ

- PRACK

RFC 3265 เพิ่มเติม

- SUBSCRIBE แจ้ง Event ของ Notification จากผู้แจ้ง
- NOTIFY แจ้งเหตุการณ์ใหม่

3.1 ตัวอย่างการร้องขอของซิพ

```
REGISTER sip:seberino@switch-2.nufone.net SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 66.159.194.51:5060
CSeq: 3363 REGISTER
To: sip:seberio@switch-2.nufone.net
Expires: 900
Call-ID: 401507385@66.159.194.51
User-Agent: Shtoom/0.3alpha0
Contact: <sip:seberino@66.159.194.51:5060>
Contact-Length: 0
```

4. ข้อความตอบกลับของซิพ (SIP Response)

โปรโตคอล ซิพ มีข้อความตอบกลับ มีความหมายดังนี้

1xx ข้อมูลการตอบกลับ

2xx ได้รับการตอบกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3xx Redirect

4xx การตอบกลับล้มเหลว

5xx server มีปัญหา

6xx ความล้มเหลว

อื่น ๆ เช่น

- INFO ส่งข้อมูลโดยไม่แก้ไขสถานะเซสชัน
- REFER ใช้กับ call transfer
- MESSAGE ข้อความที่ต้องการส่ง
- UPDATE ส่งข้อมูลเพื่อแก้ไข Session State แต่ไม่เปลี่ยนสถานะการทำงาน

5. ซิพแอดเดรส (SIP address)

ในระบบ ซิพ การส่งข้อความระหว่างเอนทิตี้จะต้องระบุ ซิพยูอาร์แอล (SIP URL) เพื่อใช้อ้างอิงถึงผู้ใช้ ซิพยูอาร์แอลจะประกอบด้วย ซิพแอดเดรส (SIP address) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ Domain Name Service (DNS) ใน web ทั่วๆ ไป เพื่อใช้ในการระบุตัวตนผู้ใช้ ซึ่งคล้ายกับการทำงานของระบบอีเมล ทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องยึดติดอยู่กับตัวอุปกรณ์ ยูอาร์แอล (URL) นี้จะอยู่ในส่วนของเฮดเดอร์ ในการส่งข้อความไปยังซิพยูอาร์แอลที่ระบุไว้จะต้องมีการแปลง ซิพแอดเดรสให้อยู่ในของ user@host โดยอาจจะผ่านการแปลงมากกว่าหนึ่งครั้งจนกระทั่งได้ตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้

6. เอสดีพี (SDP)

เอสดีพีเป็นโปรโตคอลที่บรรยายลักษณะของการเชื่อมต่อ อธิบายเกี่ยวกับลักษณะของเซสชันที่ต้องการเปิด ซึ่งจำเป็นสำหรับซิพ เพราะซิพจะไม่ได้กำหนดชนิดของสื่อที่จะส่ง ดังนั้นผู้ส่งจะต้องบอกลักษณะของสื่อว่าเป็นชนิดไหน เช่น เสียง, วีดีโอ หรือข้อมูล โดยใช้การส่งข้อมูลในรูปของตัวอักษร (text based) เช่นเดียวกับซิพ

การใช้เอสดีพีในซิพนั้น จะใช้เมื่อต้องการสร้างการเชื่อมต่อ โดยส่งไปพร้อมกับอินไวท์เมสแซจ (INVITE message) หรือ แอคเมสแซจ (ACK message) ซึ่งเอสดีพีจะระบุชนิดของสื่อต่างๆ ที่ยอมรับได้และจะต้องยอมรับได้ทั้งสองฝ่ายจึงจะสามารถสร้างการเชื่อมต่อได้ นอกจากนี้ยังระบุหมายเลขพอร์ตและไอพีแอดเดรสที่จะใช้ในการสร้างการเชื่อมต่อกันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

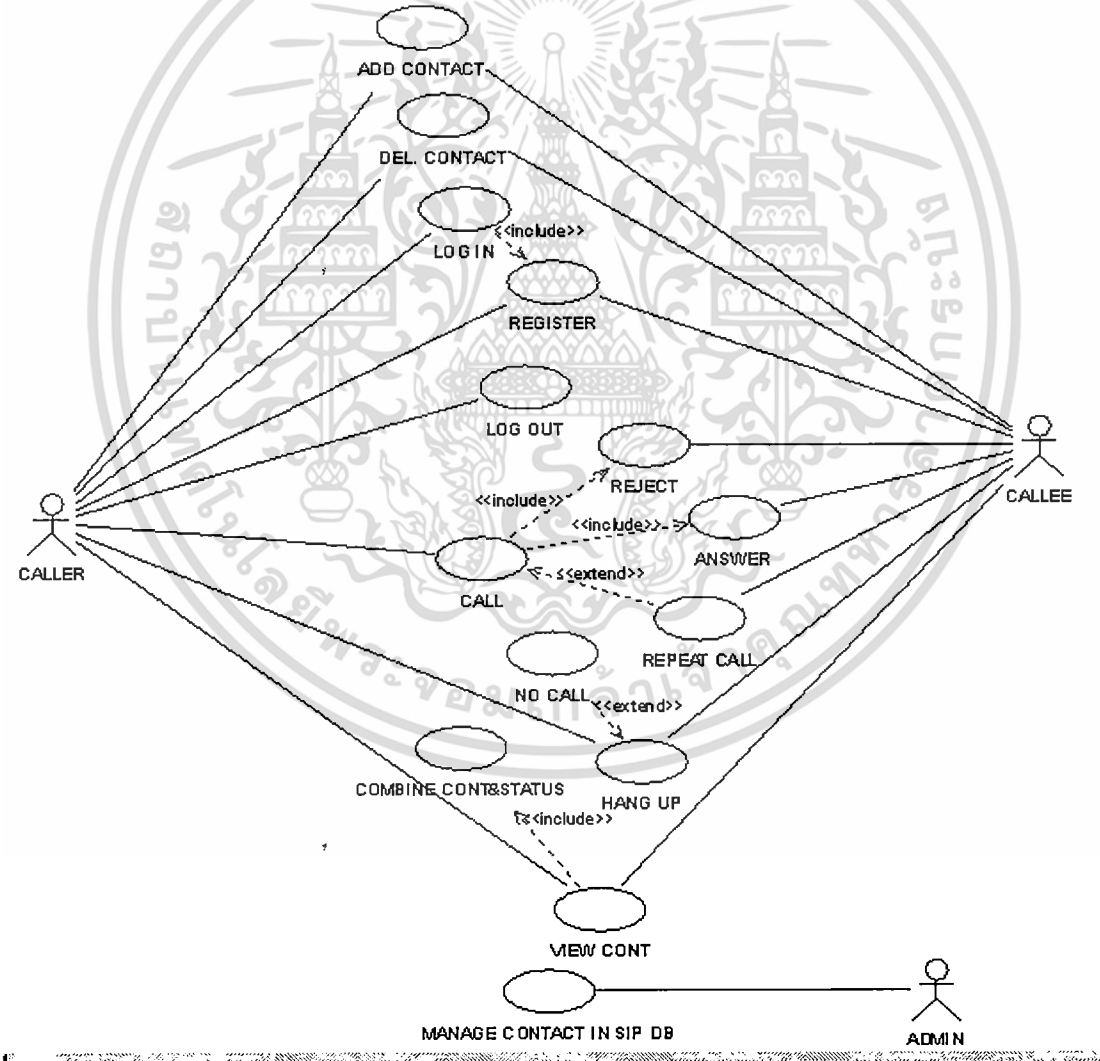
7. การออกแบบโครงงานและพัฒนาโครงงาน

7.1 การออกแบบโครงงาน

โปรแกรมที่ออกแบบสามารถทำหน้าที่ได้ดังนี้

1. จัดการกับบัญชีรายชื่อ เช่น เพิ่มรายชื่อ ,ลบรายชื่อ
2. ล็อกอินเพื่อเข้าใช้โปรแกรมและล็อกเอาท์เพื่อออกจากโปรแกรมได้
3. สนทนาระหว่างพีดีเอ
4. สร้างและสิ้นสุดเซสชันได้
5. กดรับหรือปฏิเสธสายได้

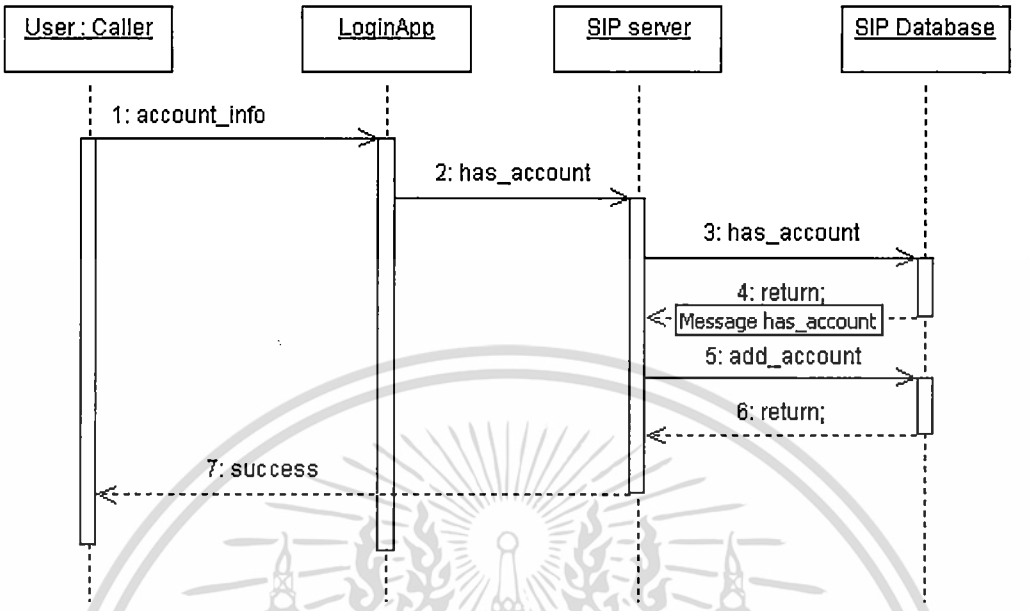
7.2 Use Case Diagram



รูปที่ 7.1 Use Case Diagrm แสดงรายการความต้องการทั้งหมดที่เป็นแบบฟังก์ชั่นการใช้งาน

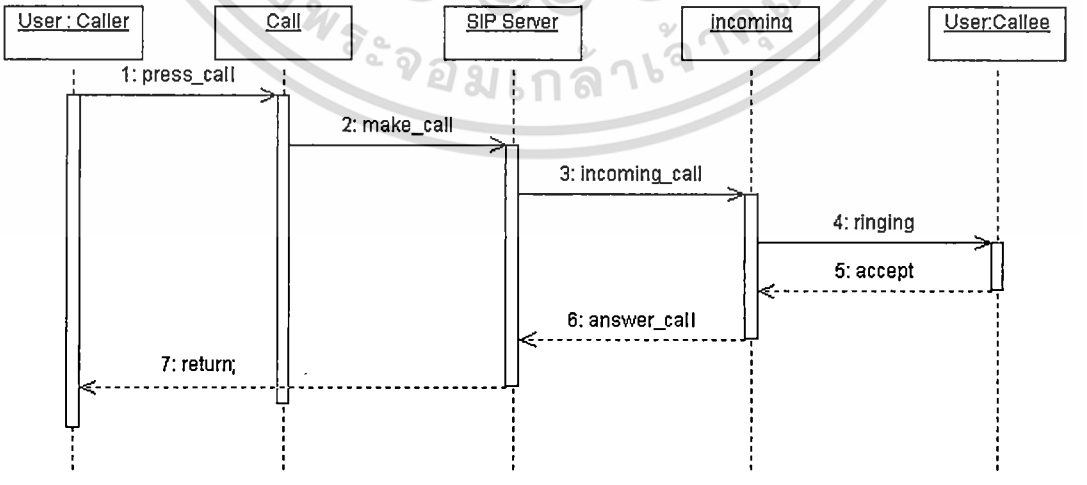
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 Sequence Diagram



รูปที่ 7.2 แสดง Sequence Diagram การล็อกอิน (Log In)

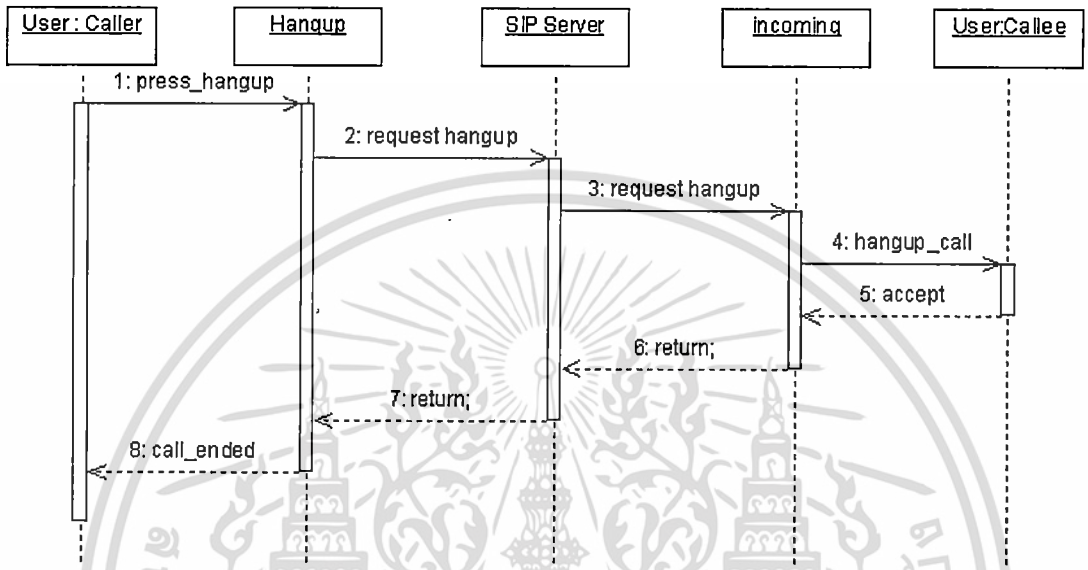
จากรูปที่ 7.2 เริ่มจากผู้ใช้ส่ง account_info ซึ่งเป็นรายละเอียดข้อมูลของผู้ใช้เอง เช่น ยูสเซอร์เนม, พาสเวิร์ด, โดเมนเนมเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น ผ่านทาง LoginApp หลังจากนั้น LoginApp จะตรวจสอบไปที่ซิพเซิร์ฟเวอร์และซิพเซิร์ฟเวอร์จะเข้าไปค้นหาใน SIP Database ว่ามี account ของผู้ใช้คนนี้อยู่หรือไม่ผ่านทาง has_account ถ้ามี account นี้อยู่ก็จะรีเทินค่ากลับไปซึ่งก็คือสามารถล็อกอินเข้าสู่ซิพเซิร์ฟเวอร์ได้สำเร็จ หรือรีจิสเตอร์เข้าซิพเซิร์ฟเวอร์ได้สำเร็จนั่นเอง



รูปที่ 7.3 แสดง Sequence Diagram การโทรออก (Call)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.3 เริ่มต้นการโทรออกเมื่อผู้ใช้กดปุ่มโทรออก จากนั้นจะมีการร้องขอการโทรออกไปที่ซิพเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางฟังก์ชัน make_call จากนั้นซิพเซิร์ฟเวอร์แจ้งไปยังผู้รับว่ามีสายเข้าผ่านทาง incoming_call และ ringing เมื่อผู้รับกดรับก็จะรีเทินค่ากลับไปยังผู้ใช้ฝั่งที่กดโทรมาหา หลังจากนี้ก็จะสามารถคุยกันได้ระหว่างผู้โทรออกกับผู้ที่กดรับสาย



รูปที่ 7.4 แสดง Sequence Diagram การวางสาย (Hang Up)

จากรูปที่ 7.4 เมื่อฝั่งผู้โทรออกกดปุ่มวางสายผ่าน จากนั้นจะทำการร้องขอการวางสายไปที่ซิพเซิร์ฟเวอร์ ซิพเซิร์ฟเวอร์ก็จะทำการส่งการร้องขอการวางไปยังผู้รับหรือผู้ถูกร้องขอผ่านทาง hangup_call เมื่อฝั่งผู้ถูกร้องขอยอมรับการวางสายก็จะเป็นการสิ้นสุดการสนทนากันโดยรีเทินค่ากลับไปบอกผู้ใช้ผ่านทาง call_ended

7.4 โครงสร้างของโครงงาน

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีพื้นฐานให้ใช้ได้กับพีดีเอ บนระบบปฏิบัติการวินโดว์โมบายล์ 5 (Window Mobile 5) โดยใช้ภาษา C++ ในการพัฒนา การทำงานของโปรแกรมนั้นแบ่งเป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างซิพเซิร์ฟเวอร์กับพีดีเอ และการเชื่อมต่อกันโดยตรงของพีดีเอ ดังนั้นพีดีเอและซิพเซิร์ฟเวอร์ จะต้องมีไอพีเฉพาะเพื่อใช้ในการทดสอบ

โครงสร้างของโครงงานนั้นมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนหลัก โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่ในการรับผิดชอบที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.1 ออนดู ซิพเซิร์ฟเวอร์ (Ondo SIP Server)

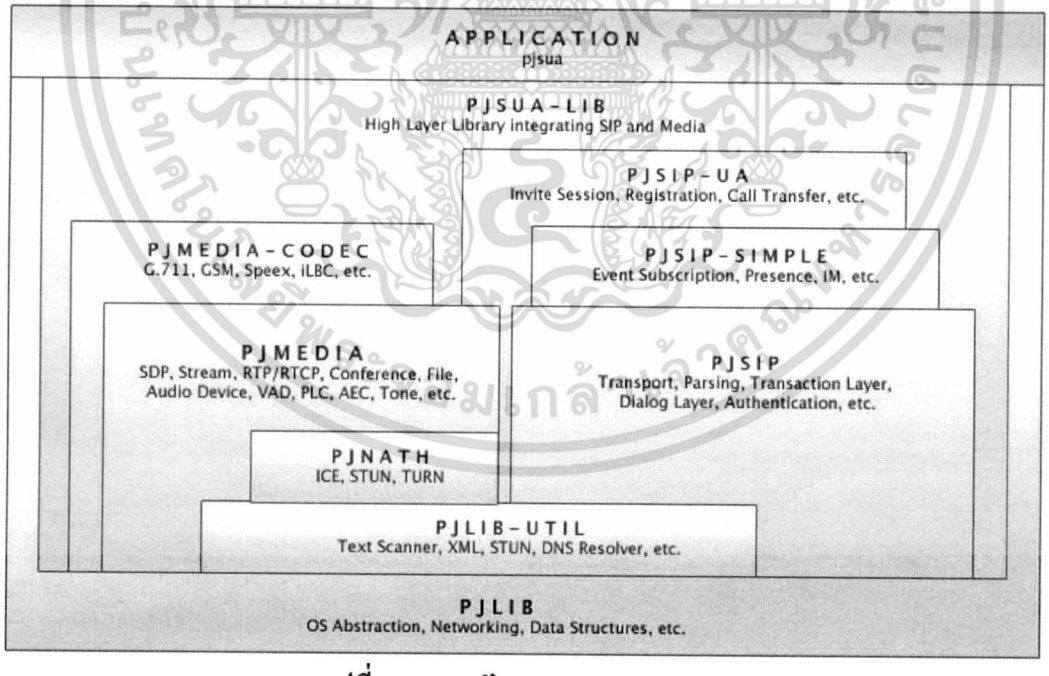
เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่จำลองพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ และรีจิสตราร์เซิร์ฟเวอร์ ไว้ที่เครื่องเดียวกัน

- ทำหน้าที่สำหรับลงทะเบียนอุปกรณ์ที่ใช้ซิพ เพื่อสามารถสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ซิพได้
- ทำหน้าที่ในการส่งต่อ SIP Message
- ทำหน้าที่ในการจัดการเซสชันแบบเวลาจริง (real-time) และสามารถแสดงสถานะของเซสชันหรือยุติการโทรที่ทำงานอยู่ในขณะนั้นได้
- ทำหน้าที่ในการกำหนดเส้นทางของซิพรีเควส(SIP Request) จากซิพยูสเซอร์เอเจนท์หนึ่งไปยังเซิร์ฟเวอร์อื่น

7.4.2 แอพพลิเคชัน(Application)

โปรแกรมที่พัฒนานี้ใช้พีเจซิพ เอพีไอ (PJSIP API) ในการติดต่อสื่อสารกับซิพเซิร์ฟเวอร์ และการติดต่อระหว่างพีดีเอ

7.4.2.1 ส่วนประกอบของ พีเจซิพ เอพีไอ (PJSIP API)



รูปที่ 7.5 สถาปัตยกรรมของ PJSIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีเจลิบ (PJLIB) เป็นไลบรารี(library) หลัก ซึ่งถูกเรียกใช้โดยทุกๆ library

พีเจลิบ-ยูทิล (PJLIB-UTIL) เป็นไลบรารี(library)เสริม ซึ่งมี scanner, XML, STUN, MD5, getopt เป็นต้น ซึ่งถูกเรียกใช้โดยซิพ และมีเดียสแตค(media stack)

พีเจแนท (PJNATH) เป็นไลบรารี(library)ซึ่งช่วยเหลือ NAT (STUN,TURN,ICE)

พีเจซิพ (PJSIP) เป็นซิพสแตคไลบรารี(library) ที่สำคัญ

พีเจซิพ-ยูเอ (PJSIP-UA) : เป็นไลบรารีของซิพยูสเซอร์เอเจนท์ ซึ่งมีอินไวท์เซสชั่น (INVITE session) คอลทรานสเฟอร์ (call transfer) ไคลเอนต์รีจิสเตรชั่น (client registration) เป็นต้น

พีเจซิพ-ซิมเปิล (PJSIP-SIMPLE) เป็นไลบรารีซิพซิมเปิล(SIP SIMPLE) สำหรับอีเวนท์เฟรมเวิร์ค (event framework) หลัก,อินสแตนท์เมสเสจ (instant messaging) เป็นต้น

พีเจเอสยูเอ (PJSUA) เป็นไลบรารีซิพยูสเซอร์เอเจนท์ระดับสูง (high-level SIP UA) ซึ่งรวม ซิพสแตค (SIP stack) และมีเดียสแตค (media stack) เข้าไปภายใน high-level เพื่อให้ง่ายต่อการใช้ API

พีเจมีเดีย (PJMEDIA) : เฟรมเวิร์คมีเดีย(media framework)

พีเจมีเดีย-โคเดค (Pjmedia-codec) เป็นไลบรารีซึ่งเก็บโคเดค (codec) หลายชนิด เช่น จีเอสเอ็ม (GSM) ,สปีเอ็ก (Speex) และไอแอลบีซี (iLBC)

7.5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1. Microsoft visual studio .NET (C++)
2. Window Mobile 5.0 Pocket PC SDK
3. ออนดูซิพเซิฟเวอร์ (Ondo SIP Server)
4. พีดีเอ HP 6965
5. PJSIP API

8. ผลการทดลอง

การทดลองการทำงานของโปรแกรมนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้ได้ผลของทำงานให้เป็นไปตามที่ต้องการ และเพื่อทราบปัญหาที่เกิดขึ้นได้ อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาให้โปรแกรมมีความสามารถเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

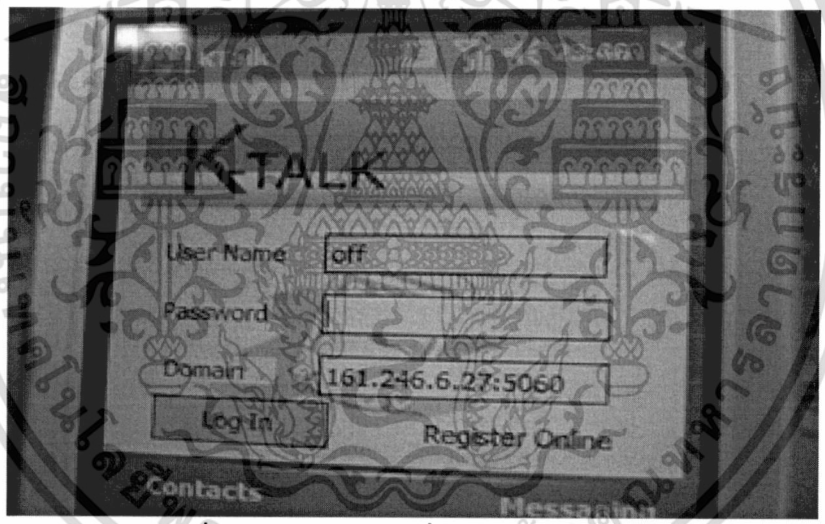
8.1 สิ่งที่ต้องใช้ในการทดสอบ

1. ซิพเซิฟเวอร์ (SIP Server)
2. พีดีเอ จำนวน 2 เครื่อง
3. Access Point 1 เครื่อง

8.2 สิ่งที่ต้องทดสอบ

- การล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม
- การจัดการรายชื่อคู่สนทนา
- การแสดงผลรายชื่อคู่สนทนาที่ออนไลน์และออฟไลน์
- การสนทนากันระหว่างพีดีเอ
- เปรียบเทียบการบีบอัดเสียงด้วยโคเดค (Codec) ประเภทต่างๆ

8.2.1 การล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม



รูปที่ 8.1 แสดงหน้าจอที่ใช้ในการล็อกอิน

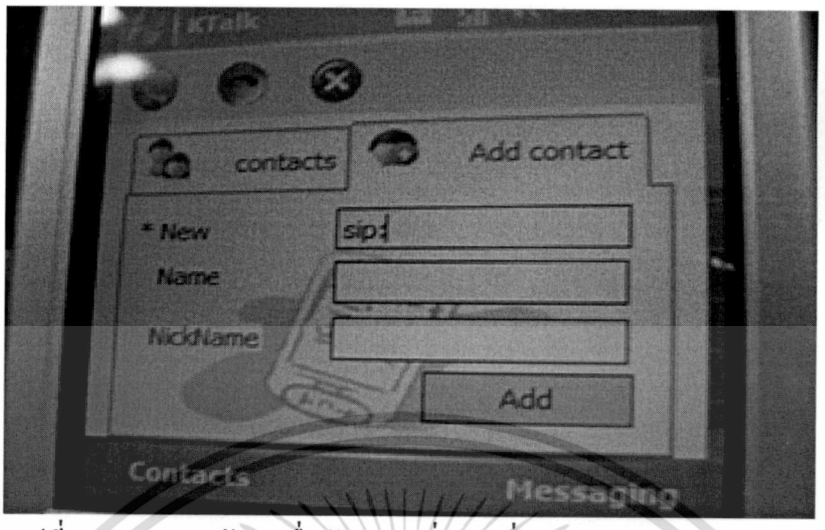
8.2.2 การจัดการรายชื่อคู่สนทนา

การจัดการรายชื่อคู่สนทนามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

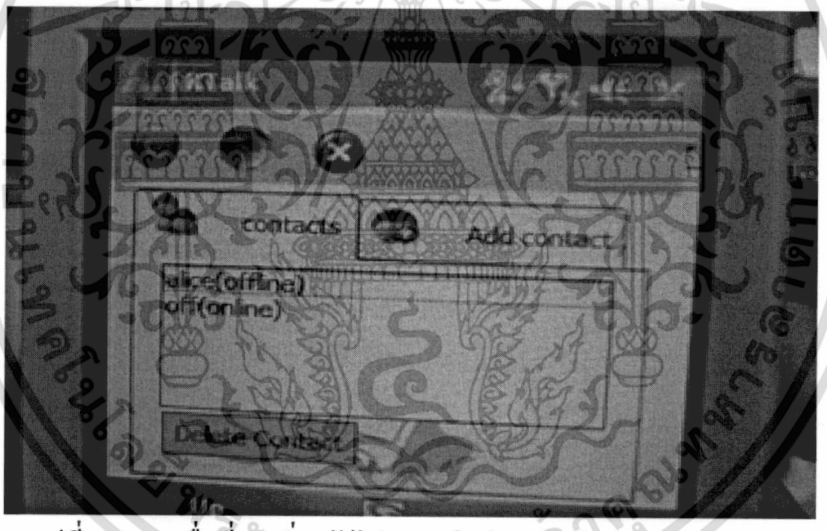
1. เพิ่มรายชื่อคู่สนทนา
2. ลบรายชื่อคู่สนทนา
3. การดูสถานะปัจจุบันของคู่สนทนาทั้งหมด

การทดลองคือ ให้ทำการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม K-Talk จากนั้นให้เลือก แท็ป Add contact จะปรากฏหน้าจอให้กรอกรายละเอียด และกดปุ่ม Add เพื่อเพิ่มรายชื่อคู่สนทนา ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



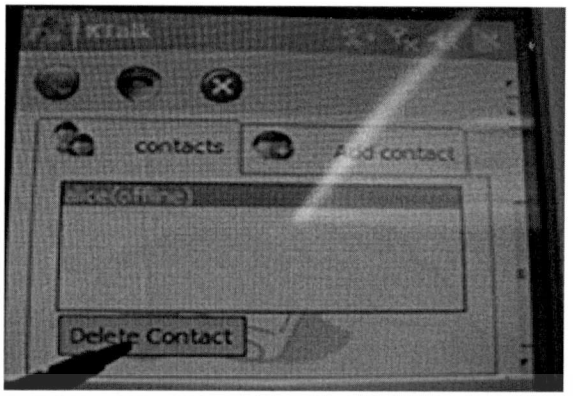
รูปที่ 8.2 แสดงหน้าจอเมื่อต้องการเพิ่มรายชื่อคู่สนทนา(Add contact)



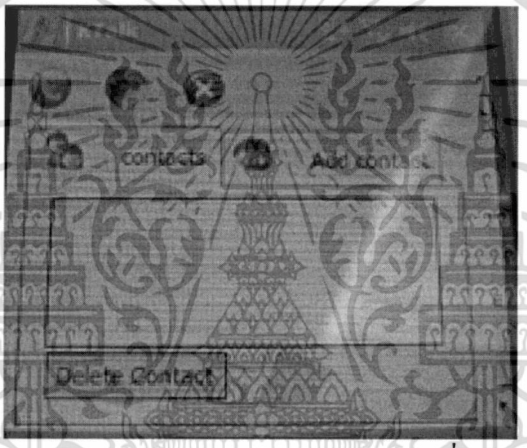
รูปที่ 8.3 รายชื่อที่ถูกเพิ่มเข้าไป จะแสดงในหน้าคู่สนทนา(Contact)

ในหน้าแสดงรายชื่อคู่สนทนา(Contact) สามารถลบรายชื่อคู่สนทนาได้โดยกดปุ่ม Delete Contact ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

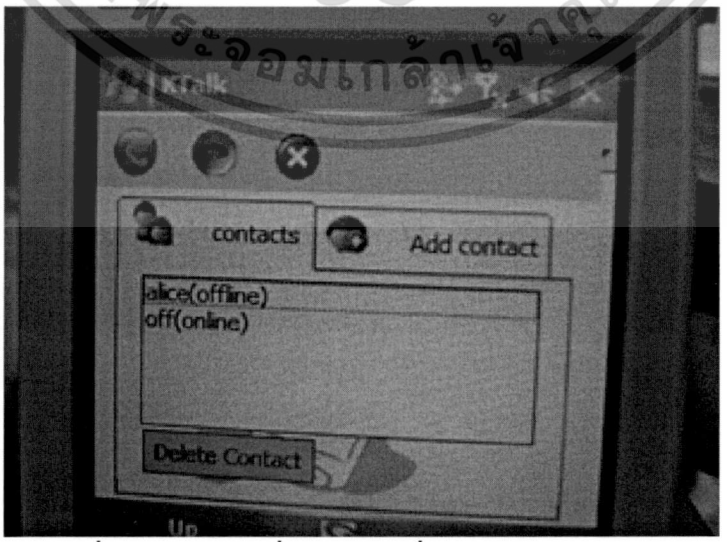


รูปที่ 8.4 แสดงหน้าจอเมื่อต้องการลบรายชื่อคู่สนทนา



รูปที่ 8.5 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่มลบรายชื่อคู่สนทนา

8.2.3 การแสดงสถานะของรายชื่อคู่สนทนา



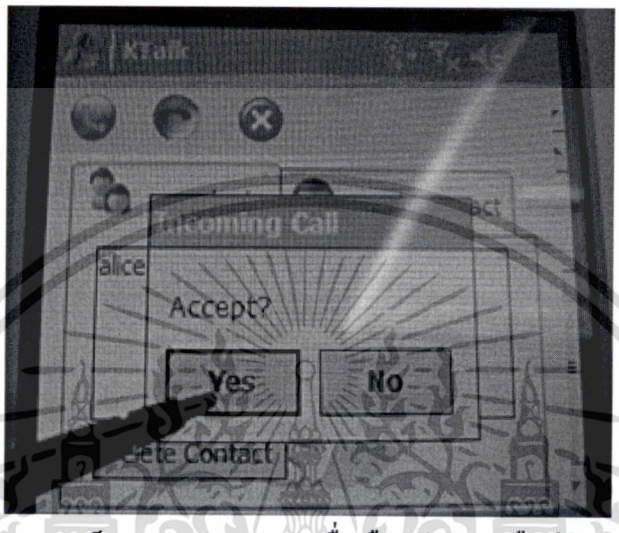
รูปที่ 8.6 แสดงรายชื่อคู่สนทนาที่ออนไลน์และออฟไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

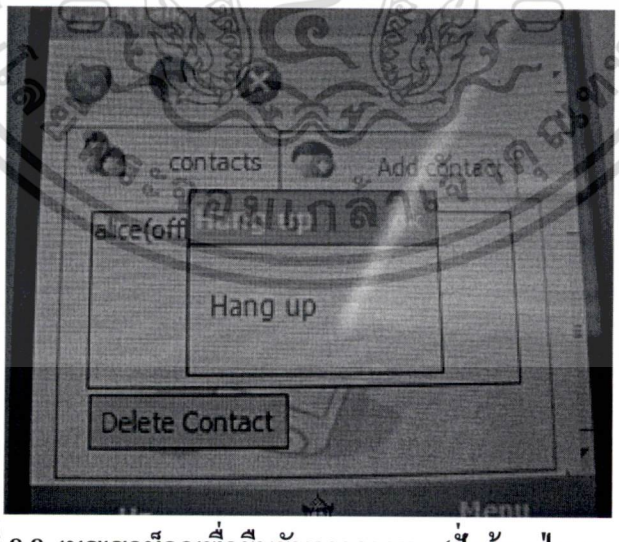
8.2.4 การสนทนากันระหว่างพีดีเอ

การทดลองการสนทนากับคู่สนทนาที่ต้องการให้ เลือกรายชื่อคู่สนทนาที่ต้องการสนทนาด้วย แล้วกดปุ่ม



รูปที่ 8.7 แสดงเมสเสจบ็อก(message box) เพื่อเลือกรับสายหรือปฏิเสธสาย(ฝั่งรับสาย)

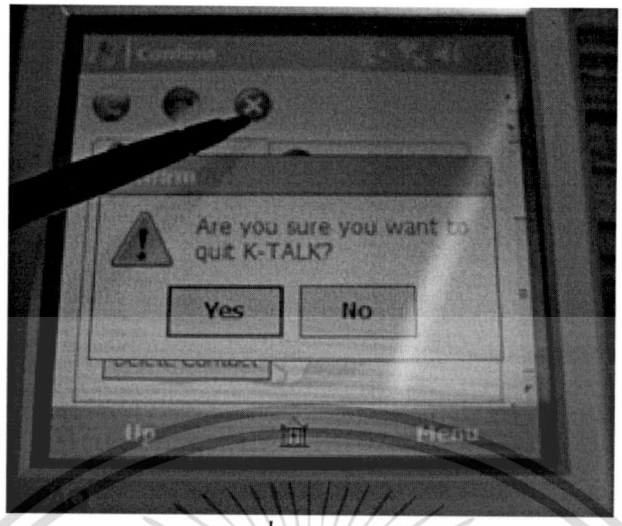
เมื่อสนทนาเสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม เพื่อวางสาย หลังจากนั้นจะแสดงเมสเสจบ็อก (message box) เพื่อยืนยันว่าได้วางสายแล้ว ดังรูป



รูปที่ 8.8 เมสเสจบ็อกเพื่อยืนยันการวางสาย(ฝั่งผู้กดปุ่มวางสาย)

84480
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการออกจากโปรแกรมให้กดปุ่ม เพื่อ Log out



รูปที่ 8.9 แสดงเมสเสจบ็อกเพื่อยืนยันว่าต้องการออกจากโปรแกรม

8.2.5 เปรียบเทียบการบีบอัดเสียงด้วยโคเดค(Codec) ประเภทต่างๆ

ในขั้นตอนการบีบอัดเสียงจะมีโคเดคเป็นตัวจัดการการบีบอัดอยู่หลายประเภทด้วยกันและในแต่ละประเภทยังให้คุณภาพของเสียงที่แตกต่างกันด้วย

ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบการบีบอัดแต่ละชนิด

การบีบอัด (Codec)	Bitrate(kbps)	Sampling (kHz)	MOS (Mean Opinion Score)
PCMU/PCMA	64	8	4.1
ILBC	15.2 / 13.33	8	3.8
GSM	13	8	3.5

โดยที่ค่า MOS มีความค่าตั้งแต่ 1-5 ดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 8.2 แสดงค่า MOS (Mean Opinion Score)

Score	Opinion Scale	Listen: Effort Scale
5	Excellent	No effort required
4	Good	No appreciable effort require
3	fair	Moderate effort require
2	poor	Considerable effort required
1	Bad	Difficult to understand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 8.1 จะเห็นว่า PCMU/PCMA หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า G.711 นั้นจะมีคุณภาพดีที่สุด มีค่า MOS อยู่ในระดับดีดังตางรางที่ 8.2 และจากการทดลองการใช้โคเดคชนิดนี้ทำให้มีเสียงแทรก และความล่าช้าของเสียงที่ได้ยินมีน้อยมาก แต่จะมีเสียงสะท้อน (Echo) อยู่ ทำให้คุณภาพเสียงดีที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองชนิด

ILBC มีค่า MOS อยู่ในระดับพอใช้ (จากตารางที่ 8.1 และ 8.2) และจากการทดลองที่ได้นำ ILBC ไปใช้นั้น พบว่ามีเสียงแทรกและความล่าช้าของเสียงมาก ทำให้ได้ยินเสียงของคู่สนทนาไม่ชัดเจน ไม่สามารถโต้ตอบกันได้

ส่วน GSM มีค่า MOS อยู่ในระดับพอใช้ (จากตารางที่ 8.1 และ 8.2) เช่นเดียวกับ ILBC แต่จากการทดลองนำโคเดค ชนิดนี้ไปใช้ พบว่ามีคุณภาพแย่ที่สุด โดยมีเสียงแทรกมากที่สุด และไม่ยินเสียงของคู่สนทนาเลย จึงไม่สามารถทราบความล่าช้าของเสียงได้

เนื่องจาก PCMU/PCMA มีคุณภาพดีที่สุดแต่ยังมีเสียงสะท้อนอยู่ ดังนั้นจึงนำมาทำการปรับค่าต่างๆดังนี้เพื่อลดเสียงสะท้อน

ตารางที่ 8.3 เปรียบเทียบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อลดเสียงสะท้อน

ค่าพารามิเตอร์	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2
ptime	20	20
quality	1	5
ec_tail_len	256	1024
บัพเฟอร์ Jitter		
• jb_max	80	360
• jb_init	40	40
• jb_min_pre	20	60
• jb_max_pre	80	240

การกำหนดค่าดังการทดลองครั้งที่ 1 ยังมีเสียงสะท้อนอยู่ และไม่ได้ทำให้เสียงสะท้อนน้อยลงจึงทำการเปลี่ยนค่าให้เท่ากับการทดลองครั้งที่ 2 ผลคือมีเสียงสะท้อนน้อยลง และสามารถคุยโต้ตอบได้ดีขึ้น

ค่าพารามิเตอร์แต่ละค่ามีรายละเอียดดังนี้

ptime คือ ค่าดีฟอลท์ของ ptime codec

quality คือ การกำหนดขนาดของการสุ่มตัวอย่าง (resampling)

ec_tail_len คือ พารามิเตอร์ที่ตัดเสียงสะท้อนในหน่วย 1/1000 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

jb_min_pre คือ ค่าความล่าช้าต่ำสุดที่จะไปดึงข้อมูลจากบัฟเฟอร์มาก่อนในหน่วย 1/1000 วินาที

jb_max_pre คือ ค่าความล่าช้ามากที่สุดที่จะไปดึงข้อมูลจากบัพเฟอร์มาก่อนในหน่วย 1/1000 วินาที

jb_init คือ ค่าเริ่มต้นในการดึงข้อมูลมาจากบัพเฟอร์จิตเตอร์

9. สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในโครงงานวิจัยนี้สามารถทำได้ตามความต้องการของผู้จัดทำโครงงานฯ ดังนี้คือ สามารถสนทนากันระหว่างพีดีเอได้ สามารถเพิ่มและลบรายชื่อคู่สนทนา สามารถทำการลงทะเบียนกับซิพเซิร์ฟเวอร์ได้ สามารถแสดงรายชื่อคู่สนทนาที่ออนไลน์และออฟไลน์ได้ สามารถยกเลิกการเชื่อมต่อได้ แต่ผลการทดลองจากการใช้งานจริงโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลเสียงยังไม่ดีนักเนื่องจากมีเสียงรบกวนและช่วงหน่วงระหว่างประโยคสนทนามีอยู่ในเกณฑ์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้