Long Term Evolution(LTE) Quality of Service(QoS) Multimedia

วรเชฐ แก้วคำสัย, เบญจมาศ เหิ่มโพธิ์, ทศพล อุทก, พงศ์ชนิศ แสงวิมาน, พิเชษฐ์ ขำโพธิ์, นนทวัฒน์ ศรีประดิษฐ์
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

ยุค 2G/3G ที่เราใช้อยู่ในปัจจุบัน จะแยกช่องสัญญาณเสียงกับข้อมูลออกจากกัน แต่พอเป็น 4G LTE จะคิดใหม่ทำใหม่ คือทุกอย่างที่ส่งกันบน LTE จะเป็นข้อมูลล้วนๆ ทำให้การโทรศัพท์ด้วยเสียงผ่าน LTE ตรงๆ ไม่สามารถทำได้ ทางออกระยะยาวของเรื่องนี้คือเปลี่ยนการสื่อสารด้วยเสียงโดยตรง ไปเป็น VoIP แล้วส่งบนเครือข่าย LTE อีกทีหนึ่ง (จะเรียกว่า VOLGA หรือ Voice over LTE via Generic Access) แต่ก็มีปัญหาอีกว่าเครือข่าย LTE ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่มากนัก ดังนั้นถ้าคุยโทรศัพท์อยู่แล้วย้ายจากพื้นที่ที่เป็น LTE ไปยัง 3G จะมีปัญหาสายหลุดนั่นเอง จึงมีการนำเทคโนโลยีชื่อว่า SRVCC (single-radio voice call continuity) ช่วยให้การสื่อสารด้วยเสียงบน 2G/3G สามารถส่งต่อไปยัง LTE ได้อย่างต่อเนื่องในกรณีเคลื่อนที่ระหว่างเครือข่าย 2 ประเภทนี้ ผลลัพธ์ของมันคือช่วยให้โอเปอเรเตอร์ให้บริการเสียงได้ดีขึ้น ระหว่างเครือข่ายที่เป็น LTE กับ 2G/3G เดิม

ผู้ที่ได้ประโยชน์จากเทคโนโลยี SRVCC คือผู้ให้บริการเครือข่ายขนาดเล็ก-กลางที่ไม่สามารถให้บริการ LTE ได้ครอบคลุมมากนัก ส่วนพี่ใหญ่อย่างเช่น AT&T หรือ Verizon จะพยายามวางโครงข่าย LTE ให้เยอะที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ทำให้มีโอกาสใช้ SRVCC น้อยลงมาบ้าง

ในระยะยาวมากๆ โครงข่ายมือถือจะต้องย้ายมาใช้ LTE ทั้งหมด เพื่อนำความถี่ย่าน 2G/3G เดิมไปใช้ทำอย่างอื่นแทน (refarming) เพื่อให้คลื่นความถี่ได้ใช้ประโยชน์สูง มีการนำเทคนิค AML (Adaptive Multi Lane) เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของ VoIP แปลงสัญญาณในระบบเซลลูลาร์ จากผลจำลองแสดงให้เห็นว่าการปรับใช้ "เทคนิค AML " นอกจากจะช่วยลดอัตราความผิดพลาด Packet, และ อัลกอริทึม DQOAS ที่จัดลำดับความสำคัญของข้อมูลแล้ว พิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถที่ทำงานได้ดีที่สุดสำหรับเนื้อหามัลติมีเดียและการสื่อสารสตรีมมิ่งท่องเว็บผ่านเครือข่าย LTE โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ มีการนำรูปแบบของ รูปแบบของ DRX / DTX เข้ามาช่วยจัดการเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน สามารถลด การใช้การสูญสเสียพลังงานโดยที่ไม่จำเป็น

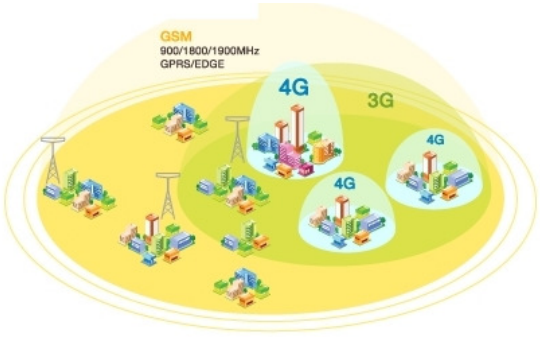
คำสำคัญ: *Long Term Evolution(LTE), Quality of Service(QoS), Multimedia*

บทนำ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ช่วยในการติดต่อสารสาระหว่างเครือข่ายหรือกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งแบบสายสัญญาณและแบบไร้สาย ระบบเครือข่ายไร้สาย(Wireless) เป็นอีกเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมมากเพราะมีความสะดวกในการใช้งาน จากเดิมมีการใช้งานโดยจำกัดพื้นที่ความสามารถในการส่งข้อมูลประมาณ54 Mbps จากนั้นได้มีการพัฒนามาเป็นในลักษณะ Wifi 1G 2G 3G 3GPP ตามลำดับ ซึ่งขีดความสามารถในการส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง

จากเดิมโตของเทคโนโยลีการสื่อสารแบบไร้สาย ทำให้มีการใช้งานจำนวนมาก ส่งผลให้ต้องมีการบริหารจัดการอัตราการส่งข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวการใช้งานระบบ และให้สามารถอยู่ในระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ ภายหลังเพื่อรองรับการขยายตัวในของอัตราการส่งข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต การพัฒนาประสิทธิภาพการส่งข้อมูลจาก 3G เป็น 3GPP ซึ่งมีความสามารถในการส่งข้อมูลประมาณ 300 Mbps ซึ่งมีแนวโน้มอาจจะถึงขั้น 4G ที่อาจเป็นได้

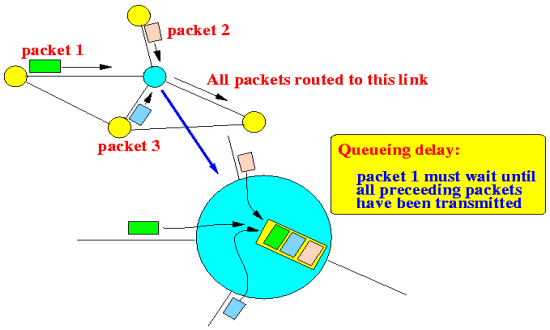
LTE เป็นหนึ่งมาตรฐานจากกลุ่ม The Third Generation Partnership Project (3GPP) ถูกสร้างอยู่บนพื้นฐานของ GSM, GPRS, EDGE, WCDMA รวมถึง HSPA รองรับการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง และความล่าช้าต่ำลง เป็นเทคโนโลยีคุณภาพสูงผ่านช่องความถี่ 20 MHz ประกอบกับการดาวน์โหลดความเร็วสูงสุด 300Mbps และอัพโหลดได้มากถึง 75Mbps มีเครือข่ายหลัก (Core Network) เรียกว่า Enhanced Packet Core (EOC) และชี้เครือข่ายรูปแบบ all-IP Core ทั้งนี้การส่งข้อมูลและสัญญาณเสียงจะอยู่บนโครงข่ายแบบ Packet Switching มีการใช้ช่องสัญญาณร่วมแบบ Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) สนับสนุนการทำงานแบบ Multiple Input Multiple Output (MIMO) มีการจัดสรรทรัพยากรแบบคงที่และไม่คงที่ของการส่งข้อมูลในแต่ล่ะช่วงความถี่โดยคำนึงถึงคุณภาพของสัญญาณ



ภาพที่ 1 แสดงการส่งข้อมูลในแต่ล่ะช่วงความถี่โดยคำนึงถึงคุณภาพของสัญญาณ

Quality of Service (QoS) เป็นการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในระดับ Application โดยที่การทำงานของเทคโนโลยี Quality of Service (QoS) นั้น จะเป็นการจัดแบ่งประเภทของข้อมูล Application ออกเป็นหมวดหมู่ และมีการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล Application ในแต่ละหมวดหมู่นั้นๆ ซึ่งจะทำให้เราสามารถที่จะควบคุม Bandwidth ในระบบเครือข่ายของเราให้ใช้ประโยชน์ได้สูงสุดตาม Application ต่างๆ ที่เราต้องการ Quality of Service (QoS) นั้นจะทำงานอยู่บนมาตรฐานหลักๆ 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน IEEE 802.1p (QoS) และมาตรฐาน DiffServ DSCP

Queuing Delay คือ ดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิวส่ง สำหรับในเราท์เตอร์นั้น คือ ช่วงเวลาที่ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสามารถเก็บได้มากหรือน้อยขึ้น กับการจัดคิว และขนาดของคิว ถ้าคิวขนาดใหญ่จะมีโอกาสที่หน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้มากทำให้ค่าเฉลี่ยของ ดีเลย์สูง ถ้าคิวสั้นค่าเฉลี่ยของดีเลย์จะน้อยกว่าแต่ทำให้อัตราการสูญเสียมีมากขึ้น เนื่องจากแพ็คเกตถูกละทิ้งจากระบบ



ภาพที่ 2 แสดงแพ็คเกตถูกละทิ้งจากระบบ

Processing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการประมวลผลของเราท์เตอร์ เช่น การ lookup routing table การ load/transfer memory การติดต่อ I/O ระหว่างซีพียู กับ network interface

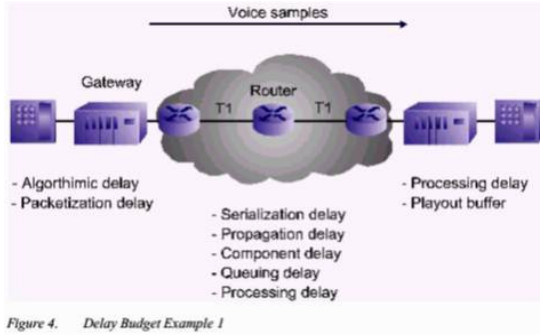


Figure 4. Delay Budget Example 1

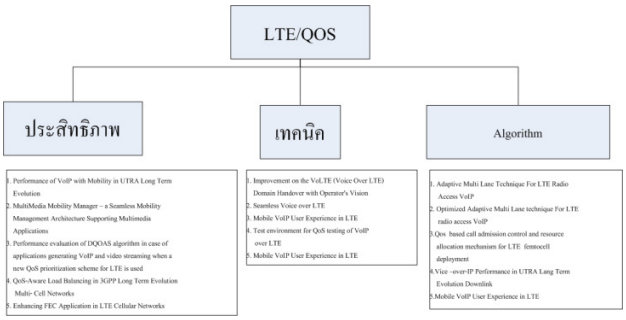
ภาพที่ 3 แสดง Delay Budget

VoIP ย่อมาจาก Voice Over Internet Protocol คือการสื่อสารทางเสียงผ่านอินเตอร์เน็ตโดยเป็นเทคโนโลยี LTE สำหรับการโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการโทรศัพท์ด้วยเสียงโดยไม่จำเป็นต้องเสียค่าบริการให้กับผู้ให้บริการโทรศัพท์แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความล่าช้าในการติดต่อสื่อสารและต้องการ Bandwidth สูง ซึ่งเทคโนโลยี LTE ได้พัฒนาในด้านความเร็วการรับส่งข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังไม่เฉพาะการโทรด้วยเสียงแต่จะรวมไปถึงการรับส่งข้อมูลแบบมัลติมีเดียด้วย

ดังนั้นเราจึงได้ทำการศึกษาวิจัยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาศึกษาถึงกระบวนการในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการส่งข้อมูล (QoS LTE) ในสื่อมัลติมิเดียที่มีการใช้งาน

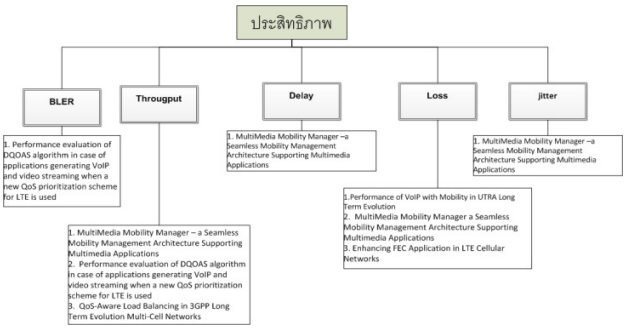
กลยุทธ์และวิธีการพัฒนา

การแบ่งแบ่งกลุ่ม



ภาพที่ 4 แสดงการแบ่งกลุ่ม LTE/QOS

การแบ่งกลุ่มประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5 แสดงการแบ่งกลุ่มประสิทธิภาพ

ตารางแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านประสิทธิภาพ

ลำดับ	Paper	BLER	Throughput	Delay	Loss	jitter
1	Performance of VoIP with Mobility in UTRA Long Term Evolution				√	
2	MultiMedia Mobility Manager – a Seamless Mobility Management Architecture Supporting Multimedia Applications		√	√	√	√
3	Performance evaluation of DQOAS algorithm in case of applications generating VoIP and video streaming when a new QoS prioritization scheme for LTE is used	√	√			
4	QoS-Aware Load Balancing in 3GPP Long Term Evolution Multi-Cell Networks		√			
5	Enhancing FEC Application in LTE Cellular Networks				√	

ตารางที่ 1 แสดงการแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านประสิทธิภาพ

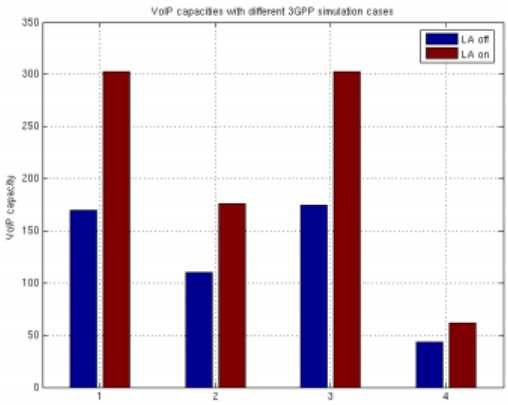
A. Performance of VoIP with Mobility in UTRA Long Term Evolution

บทความนี้ได้ศึกษา Voice-over-IP (VoIP) ประสิทธิภาพใน UTRA Long Term Evolution คำว่า Evolution (LTE) Downlink (DL) เราได้ใช้อย่างเต็มรูปแบบแบบไดนามิกระบบจำลองผลิตตัวแปลงสัญญาณ VoIP แบบอะแดปทีฟ Multi-Rate (AMR) 12.2 ในสี่แตกต่าง 3GPP จำลองกรณีศึกษา ผลของการเชื่อมโยงการปรับตัว (LA), แพคเก็ตรวม กำลังการผลิตสถานีควบคุม และหมายเลขของกระบวนการ HARQ VoIP ที่ถือว่ากำลังการผลิตยัง ผลลัพธ์นำเสนอตัวเลขกำลังการผลิต VoIP แบบสัมบูรณ์ของ LTE DL เราแสดงที่ LA กับแพคเก็ตรวมแสดงกำไรล้างเกี่ยวกับกำลังการผลิต VoIP เนื่องจากแพคเก็ตที่ VoIP เพิ่มเติมสามารถจัดตารางเวลาในแต่ละ TTI ด้วย ยัง ข้อจำกัดของสถานีควบคุมสามารถมีประสิทธิภาพชดเชยโดยการรวมกลุ่มของแพคเก็ต ได้นำเสนอ downlink ผลิตพื้นฐานของ VoIP ผลลัพธ์ในกรณีจำลอง 3GPP ที่แตกต่างกัน ยัง เรามีศึกษาผลกระทบของคุณลักษณะหลายบนความจุ VoIP เช่นลักษณะพิเศษของการหน่วงเวลาเพดาน แพคเก็ตรวม กำลังการผลิตสถานีควบคุม และหมายเลขของกระบวนการ HARQ ใน VoIP กำลังการผลิต ข้อสรุปหลักจากผลลัพธ์ที่

- กำลังการผลิต downlink VoIP เป็น UEs maximally เกี่ยวกับ 60 ต่อเซลล์ด้วยแบนด์วิธของระบบ 1.25 MHz และ UEs เกี่ยวกับ 300 ต่อเซลล์ ด้วย 5 MHz
- ดัดแปลงมาเชื่อมโยงกับแพคเก็ตรวมมีประมาณ 44-78% เหนือขึ้นคง MCS QPSK 2/3 อยู่เล็กน้อยจากกรณีจำลอง
- โดยทั่วไปยิ่งในระบบแบนด์ยิ่งกำไรมาจากแพคเก็ตการรวมกลุ่มและเชื่อมโยงปรับตัว
- ผลิต VoIP อย่างชัดเจนเป็นสถานีควบคุมที่จำกัด แต่การรวมกลุ่มของแพคเก็ตสามารถค่อนข้างมีประสิทธิภาพชดเชยข้อจำกัดทำงานในอนาคตรวมถึงกำลังการผลิตของ VoIP กับอัลกอริทึมการจัดกำหนดการแบบถาวรและ
- แบบไดนามิก PDCCH เรียน นอกจากนี้ สถานการณ์การจราจรที่ผสมมากขึ้นจริงจะเมื่อต้องการจะศึกษา

Parameter description	Parameter value
Scenario / network / direction	57 cells, Synchronous reuse 1 network, DL
UE velocity	3 km/h
UE receiver type	MRC 1x2
Channel model	TU 20
Simulation length	1M steps = 72 seconds
Symbols per subframe	14 (with 4 control symbols)
Subframe length (TTI)	1 ms
Carriers per PRB	12
Duplexing	FDD
Power control	Off
HARQ mode	Asynchronous, with Chase combining
HARQ max retransmissions	3
ARQ	Off
CQI measurement interval	5 ms
CQI reporting delay	2 ms
CQI reporting resolution	2 PRBs
CQI error variance	1 dB
Initial MCS (LA off)	QPSK 2/3
Possible MCSs (LA on)	QPSK 1/3, ½, 2/3 16QAM ½, 2/3, 4/5 64QAM ½, 2/3, 4/5
LA	Outer Loop LA BLER target 0.2
TD packet scheduler	Round Robin
FD packet scheduler	Even Resources
Segmentation	Off
Hard handover margin	3 dB
Hard handover sliding window size	200 ms

ตารางที่ 2 Common Parameters



ภาพที่ 6 VoIP capacity in different 3GPP cases

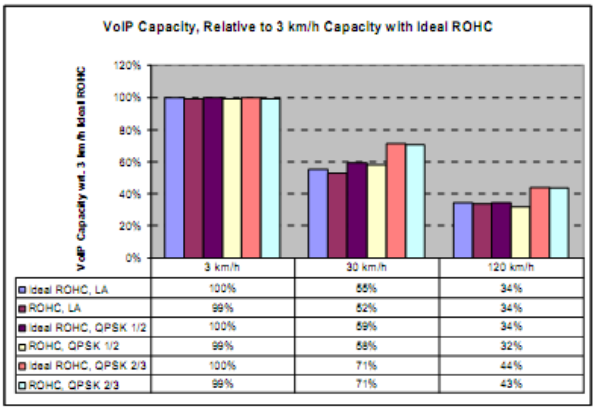
ศึกษาความสามารถของ UTRA Long Term Evolution ใน downlink ภายใต้เงื่อนไขการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ LTE ถูกออกแบบมาเป็น บริเวณกว้างระบบการสนับสนุนการเคลื่อนไหวสูงมาก กำลังการผลิต VoIP สำหรับเงื่อนไขการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันคือ การวัดที่สำคัญสำหรับระบบ LTE เราแสดง dynamics เคลื่อนไหวมีผลต่อกำลังการ

ผลิต VoIP วิธีใช้เครื่องมือช่วยแบบไดนามิก ระบบการแบบลักษณะพิเศษของการบีบอัดส่วนหัวมีเสถียรภาพ (ROHC) และ handovers ผลลัพธ์บ่งชี้ว่าลักษณะพิเศษของ ROHC ไม่ใช่เหมาะกับกำลังการผลิตระบบ VoIP เป็นน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนไหวลักษณะพิเศษการผลิตระบบ

Case	Frequency (GHz)	ISD (m)	BW (MHz)	PLoss (dB)	Speed (km/h)
1	2.0	500	5.0	20	3
2	2.0	500	5.0	20	30
3	2.0	500	5.0	20	120

ตารางที่ 3 Simulation Case definitions

จากเทคนิคการอัดแน่นในส่วนของ header (robust header compression (ROHC) ในเครือข่าย LTE ในสถารการที่มีการเคลื่อนที่สูง (เร็ว) สำหรับโปรแกรม VoIP การสูญเสีย (capacity loss) จากสถานการณ์การเคลื่อนที่เร็ว (120 km/h) รายงานผลว่า ถึง 65% เมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่เกือบนิ่ง(3 km/h) ผู้เขียนรายงานนั้นความสามารถในการสูญเสียโดยรวม ของการไม่ใช้ ROHC เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ ROHC เป็น 17%



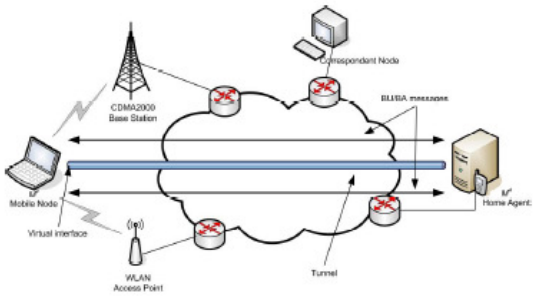
ภาพที่ 7 Relative DL VoIP Capacity with and without Roch

B. MultiMedia Mobility Manager – a Seamless Mobility Management Architecture Supporting Multimedia Applications

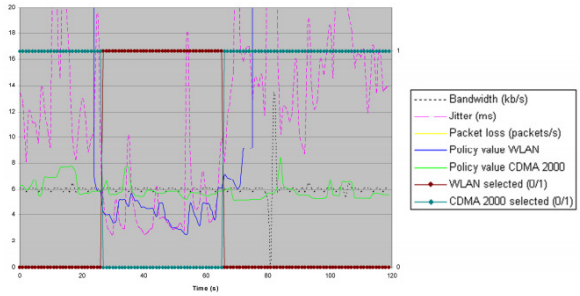
ในเอกสารนี้ การพิสูจน์ของ concept และสถาปัตยกรรม ของซอฟต์แวร์ M4 (มัลติมีเดีย Mobility Manager), ถูกนำเสนอ ในสั้น M4N เสนอสื่อสารเคลื่อนที่จัดการโปรแกรมประยุกต์มัลติมีเดีย โดยใช้เครือข่ายการเข้าถึงแบบไร้สายที่หลากหลาย แรก M4 สร้างบน multihomed IP เคลื่อนที่สร้างบนหลักการของการ handovers นุ่ม เลือกเครือข่ายที่สอง ใน M4 ใช้บนเครือข่ายชั้นที่รวมระบบเมตริกค่าเวลา และ jitter ในค่าเวลา ที่สาม ผู้ใช้สามารถป้อนการกำหนดลักษณะของตัวเองการเลือกเครือข่ายผ่านส่วนขยายที่ใช้น โยบายที่อัลกอริทึมการเลือกเครือข่ายที่นำเสนอ

สถาปัตยกรรมนำเสนอรับการประเมินในสภาพแวดล้อมระบบเครือข่ายที่ต่างชนิดกันแบบสดซึ่งศึกษาประสิทธิภาพการ handover ในรายละเอียด นอกจากนี้ ผู้ใช้ญาณรู้สึกคุณภาพของประสบการณ์สำหรับ Voice over IP โดยใช้ M ตัว

สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ได้ถูกศึกษา ล่าสุด ดาวน์โหลดของจำนวนข้อมูลที่ใช้การรวมกันของสูงต่ำขนาดใหญ่กำลังการผลิตเครือข่ายไร้สายใน M4 ได้ถูกศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้สถาปัตยกรรมเป็นทั้งหมดและอัลกอริทึมที่เสนอทำได้ดี M4 ดังนั้นจึงอาจถือเป็น "การเชื่อมต่อที่ดีที่สุด"



ภาพที่ 8 Overall architecture



ภาพที่ 9 Results from hand-over performance studies

การประเมินผลโครงสร้างสถาปัตยกรรมของจำนวนตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ Throughput,delay,delay jitter,packet losses, และการเริ่มการจัดเรียงใหม่ของ packet ที่ศึกษา โดยดูจาก output จากในภาพที่ 9 เป็นกราฟจากหนึ่งจาการทดสอบที่แสดง (ในเส้นสีดำ) jitter ที่เลือกการเข้าถึงเครือข่ายในเวลาหนึ่ง และ packet loss rate (แสดงในเส้นสีเหลือง) การคำนวณค่าสำหรับการเข้าถึงเครือข่ายเป็นจุดที่ (แสดงในเส้นสีเขียวและสีฟ้า) เช่นเดียวกับข้อมูลที่ถูกเลือก ในเวลานั้น (แสดงเส้นสีดำและเส้นสีน้ำตาล) วิธีที่ดีที่สุด ซึ่งมีการสูญเสีย packet 0-3 packet จากการทดสอบในการศึกษาครั้งแรก ในการทดสอบแสดงในกราฟไม่มีการสูญเสีย packet RTTs ปกติเป็น 10 milliseconds ของ WLAN และ 150 milliseconds สำหรับ CDMA

2000 ซึ่ง RTT jitter เป็น 10 milliseconds โดยปกติสำหรับ WLAN และ 20 milliseconds สำหรับ CDMA 2000 ตามลำดับกับน้ำหนักและค่าคงที่ที่ใช้การเรียงลำดับค่าสำหรับ WLAN โดยเงื่อนไขของเครือข่าย ค่าที่น้อยที่สุดประมาณ 3.0 ซึ่งการเรียงลำดับค่าสำหรับ CDMA2000 สิ้นสุดที่ 6.0

C. Performance evaluation of DQOAS algorithm in case of applications generating VoIP and video streaming when a new QoS prioritization scheme for LTE is used

ในสภาพแวดล้อม wireless แหล่งคลื่นวิทยุที่เป็นที่ใช้ร่วมกันอย่างยุติธรรมในหมู่อุปกรณ์เชื่อมต่อในการใช้ส่งข้อมูลที่ต้องการ,รุ่นต่อไปเครือข่ายจะเป็นลักษณะ WiMAX and LTE เป็นการใช้กลไกขั้นสูงสู่ความแตกต่างของผู้ใช้งานและกระแสข้อมูลที่เพิ่มสูงขึ้นพร้อมกันกับการเชื่อมต่อของผู้ใช้ซึ่งการรักษาการใช้คลื่นความถี่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีของโปรแกรมการสร้างการจราจรผสมใช้กลไกทั่วไปของ LTE เพื่อความแตกต่างกันของกระแสข้อมูล และจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลที่สามารถลดจำนวนทั้งหมดของความพึงพอใจผู้ใช้งาน เพราะคุณภาพจากประสบการณ์ผู้ใช้ (user quality of experience) ไม่ถือว่าเป็นตัวแปรสำคัญในอัลกอริทึมการกำหนดเวลาทรัพยากร (resource scheduling algorithm) คุณภาพเชิงแผนการปรับตัวแบบไดนามิก (Dynamic Quality Oriented Adaptation Scheme : DQOAS) พิจารณา QoE เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการจัดส่ง และจัดการที่จะเพิ่มจำนวนความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อโปรแกรม บทความนี้เป็นการประเมินผลการดำเนินงาน DQOAS อัลกอริทึมควบคู่กับ QoSแมปพารามิเตอร์รูปแบบใหม่ ในกรณีนี้คือโปรแกรม สร้าง VoIP, video streaming, web browsing traffic การแสดงผลในรูปแบบของจำนวนรวมความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ประสิทธิภาพการเชื่อมต่อและ BLER ที่เป็นการเปรียบเทียบกับต้นแบบเดิมของกลไก QoS เมื่อความแตกต่างในรูปแบบของผู้ใช้งานผลที่ได้ DQOAS algorithm มีประสิทธิภาพดีมาก ในโปรแกรมที่เป็นการสร้างการจราจร VoIP สามารถเพิ่มจำนวนความพึงพอใจการใช้งาน

LTE เป็นเทคโนโลยี wireless ใหม่ที่ปรากฏขึ้น พัฒนาโดยกลุ่ม 3GPP group นำเสนอบริการที่มีคุณภาพสูง อัตราการส่งข้อมูลถูกยังคงอยู่ภายใต้การพัฒนา [1]แต่ก็มีการใช้อยู่แล้ว กับความสำเร็จที่ยิ่งใหญ่ทั่วทุกมุมโลก บริษัท ที่สำคัญได้เลือกที่จะลงทุนในเทคโนโลยี LTE ในความสิ้นเปลืองเสียงเสียหายของ WiMAX [2] แม้ว่าจะด้านเศรษฐกิจ

เกี่ยวกับทั้งสองเทคโนโลยีที่มีการเทียบเคียง LTE ทันสมัยกับมาตรฐานอื่นๆ อย่างเช่น GSM ,UMTS หรือ CDMA2000 และ W-CDMA ลดค่าใช้จ่ายการลงทุนโดยรวมและการเพิ่มรายได้โดยการ reutilizin พื้นฐานที่มีอยู่ [3]

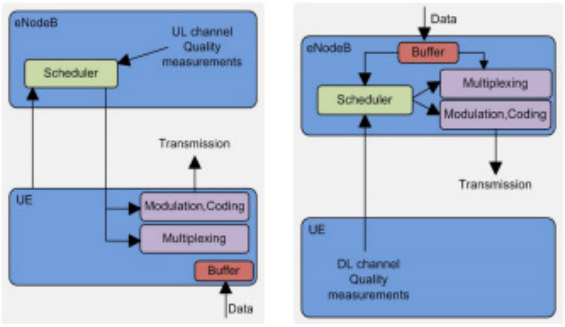
ในเครือข่าย LTE การกำหนดของแหล่งคลื่นวิทยุและการจัดลำดับความสำคัญของความแตกต่างกันของกระแสข้อมูลเป็นสิ่งที่ดีกำหนดโดยมาตรฐาน การนำเสนอของพวกเขาเป็นสิ่งที่ดีมาก แต่บางปัญหาสามารถนำไปประยุกต์ใช้เมื่อ 1 Application เป็นส่วนสร้างมากกว่า 1 กระแสข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานทุกคน ถ้ากระแสเหล่านั้นมีลำดับความสำคัญที่แตกต่างกัน, การปรับอัลกอริทึมที่นำเสนอผู้เขียนใน [4]จะมีผลต่อคุณภาพการรับรู้เพียงแค่หนึ่งในกระแสนั้น

DQOAS อัลกอริทึม จะประสิทธิภาพเฉพาะกระแสข้อมูลนั้นลำดับความสำคัญเดียวและเฉพาะ คุณภาพโดยรวมของ 1 โปรแกรมที่สร้าง 2 กระแสข้อมูลกับความแตกต่างของ การลำดับความสำคัญจะถูกรับรู้โดยผู้ใช้งานในขณะที่ความผิดหวัง 1 กระแสข้อมูลได้รับการอยู่ในสภาพคุณภาพดี เพื่อจะชนะปัญหานี้ การกำหนดการจัดลำดับความสำคัญใหม่ต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพ DQOAS algorithm ของเครื่องข่าย LTE [5]

นี่คือแผนการใหม่ในการการ Mapping QoS ปรับปรุงการจัดลำดับความสำคัญของกระแสข้อมูลของมาจากโปรแกรมหนึ่งสามารถให้ค่าการจัดลำดับสูงสุด (กระแสข้อมูลกับลำดับความสำคัญสูงสุด จะให้class ความสำคัญสำหรับทั้งโปรแกรม) ในเงื่อนไขนี้ปรับวิธีการแก้ปัญหาโดยเสนอ ข้างต้นสามารถจัดการการจัดสรรทรัพยากรสำหรับทุกๆ กระแสข้อมูลและสุดท้ายคือเป็นการแก้ไขปัญหาความพึงพอใจของผู้ใช้ ถ้า 1 กระแสข้อมูลเป็นแบบ VoIP.การเสนอ การ mapping จะไม่เป็นการจัดการโดยตรงสำหรับกระแสข้อมูล VoIP เพราะว่า อัลกอริทึมไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการข้อมูลประเภทนี้

LTE เทคโนโลยีวิวัฒนาการและผู้ประกอบการที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารบนโลกใบนี้ซึ่งพวกเค้าได้มีความสนใจสำหรับ LTE,นักวิจัยเริ่มพัฒนาอัลกอริทึ่ม เพื่อนำไปใช้ในเครือข่ายการส่งข้อมูล งานพวกเขาเกี่ยวข้องกับ การ uplink และ downlink พิจารณาแก้ไขปัญหาหลายๆ อย่างใช้กลไกทางอัลกอริทึ่ม ในความแตกต่างทางสภาวะการจราจรข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระแสหลายชั้น การกำหนดวิธีการ เป็นการแก้ไขความสามารถของระบบในจำนวนของกลุ่มของ Qos flows นั่นสามารถเป็นการสนับสนุนและช่วยลดการใช้ทรัพยากรด้วย

ในแบบแผน (Fig.10 and Fig.11) ใน eNodeB กำหนดที่ 1 ms (each Subframe) ซึ่ง UEs เป็นแผนการรับ/ส่ง ข้อมูล Uplink/Downlink ในช่องการใช้ร่วมกันและ ทรัพยากรทุกอย่างที่สามารถใช้ได้ เพื่อให้เพียงต่อการจัดสรรคลื่นวิทยุสู่ผู้ใช้ LTE, advanced scheduling algorithms มีการพัฒนาให้ความสำคัญด้านบัญชีการเข้าใช้งานในการต้องการคุณภาพของ QoS ช่องทางที่รวดเร็วทันทีทันใด ประสิทธิภาพ



ภาพที่ 10 UL reporting mechanism

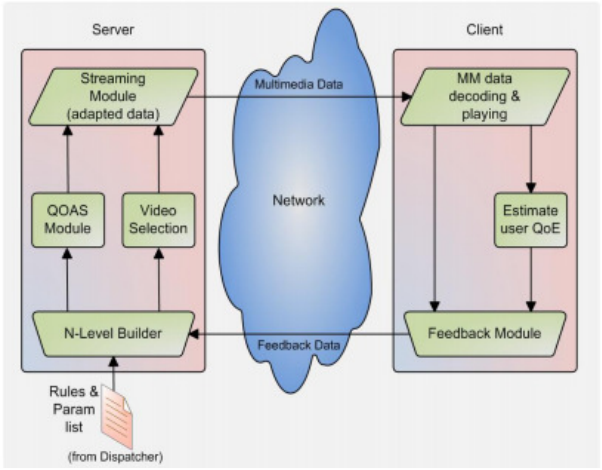
เพื่อเลือกความเหมาะสมและ coding scheme ,รายงานกำหนดการความต้องการการตรวจวัดทั้งในส่วน downlink และ uplink. ในส่วนของ eNodeB สามารถที่จะวัดคุณภาพของสัญญาณ เพราะ UES ส่งข้อมูลของพวกเขาไป eNodeB ซึ่งใช้การวัดค่านี้ eNodeB สามารถที่จะเลือกปรับเปลี่ยน และรูปแบบการเข้ารหัส และส่งกำลัง ใน downlink บางข้อเสนอแนะเป็นสิ่งจำเป็นจาก UEs เพื่อให้ eNodeB สามารถปรับให้เข้ากับสภาพช่องสัญญาณ UES มีการรายงานเป็นระยะวัดสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของช่องสัญญาณที่รวดเร็วของกลุ่มของบล็อคข้อมูล การวัดผลเหล่านี้ เป็นตัวชี้วัดคุณภาพที่ถูกสร้างขึ้นเรียกว่า Channel Quality Indicators (CQI)

จากการกำหนดชนิดของ traffic เป็นการออกแบบเพื่อ พวกเขาสามารถแบ่งได้หลาย classified ใน schedulers สำหรับการขยายตัว หรือ non-realtime flows [6] และ schedulers สำหรับ real-time flows [7] ตัวแปรของพวกเขายังคงตระหนักถึงความสามารถเป็นเกณฑ์ สำหรับการจัดหมวหมู่ : channel-aware schedulers [8], queue-aware schedulers และqueue- and channel-aware schedulers [9]. ซึ่งแสดงให้เห็นใน [9] queue-and channel-aware schedulers ใช่ใน LTE downlink สู่การให้ QoS สู่การผสมผสานความหลากหลายของการจราจรรวมทั้ง delay-sensitive flows

เมื่อพิจารณาหลายปัจจัยนั้น มีอิทธิพลต่อการแสดงของ schedulers (channel conditions, resource allocation policies, available resources, delay sensitive/insensitive traffic, etc) ซึ่งวิธีการใหม่เป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อเพิ่ม QoS เกินกว่าสิ่งที่ให้บริการ IP เริ่มต้นให้

Authors of [10] การวิเคราะห์การจัดตารางเวลา (scheduling) แพ็คเก็ตของการจราจรผสมใน LTE DL ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ามันมีความจำเป็นในสำหรับการบริการที่แตกต่าง ,จัดลำดับความสำคัญของ delay – critical traffic เช่น VoIP traffic, โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการส่งข้อมูลร่วมกันกับ delay-insensitive traffic เช่น HTTP/TCP web surfing หรือ FTP/TCP file download

DQOAS เป็นการพัฒนาสู่การเพิ่มคุณภาพ Quality of Experience ซึ่งยังทำให้ลูกค้าที่เชื่อมต่อพร้อมกันในการติดต่อสื่อสารมีจำนวนที่สูงขึ้น Fig.3แสดง บล็อกหลักของอัลกอริทึม DQOAS การปรับปรุงคุณภาพของประสบการณ์ผู้ใช้ระหว่างการเรียนรู้แบบ during mobile และ wireless e-learning:



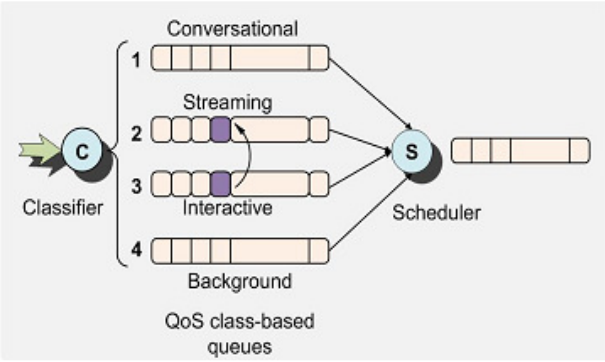
ภาพที่ 11 DQOAS adaptation aigorithm

ในด้านของ client มีการถอดรหัส เล่นโมดูลที่มีหน้าที่ถอดรหัสปรับเป็นการเล่นวิดีโอสตรีมที่ได้มาจาก server สำหรับการประเมินเกี่ยวกับการรับรู้คุณภาพ end-user ทำได้โดยเฉพาะโมดูลและที่ได้รับข้อมูลโดยผ่านโมดูลความคิดเห็น(Feedback Module) ซึ่งเป็นตัวแปลการตรวจสอบความสนใจในการส่งข้อมูล (delivery-interest parameters) เช่น อัตราการสูญเสียข้อมูล (Loss rate) ความล่าช้าและการการชนกันของข้อมูล และยังประเมินคุณภาพการส่งข้อมูลด้วย The Dispatcher and the N-Level Builder Module ใช้เป็นผล feedback และปรับปรุงรายการใหม่และตัวแปรที่ระบุสำหรับผู้ใช้งานทุกคนรายการของกฎ (list of rules) ตัวแปร(parameters) ประกอบด้วยผู้ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (the QoE expectation levels for every user) และข้อมูลเซสชั่นที่เฉพาะเจาะจง (ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องพิจารณา สำหรับ streaming session ไฟล์ Video เป็นการเลือกสำหรับเซสชั่นปัจจุบัน, video metadata,อื่นๆ) ระดับการเริ่มต้นสร้าง การปรับปรุงไดนามิกของระดับคุณภาพ และกลไกการปรับตัวโดยใช้ DQOAS รายละเอียดใน [11]

สำหรับโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างผสมการจราจรเป็นกับ 2 classes บริการที่แตกต่าง และ a Round Robin schedule, สมการอธิบายค่า i-th ตามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน [10] คือ

$$\frac{\left(f_1+\frac{\alpha}{\rho}f_2\right)\cdot T\cdot\left[\frac{N}{n}\right]\cdot\Delta}{(T+d^{max})\cdot\beta}\leq\frac{1}{1-\varepsilon}, \quad (1)$$

f_1 and f_2 แสดงถึงค่าเฉลี่ยในการส่งPacket ρ เป็น ลำดับความสำคัญของการบริการครั้งแรกครั้งที่สอง T คือเวลาระหว่างการส่งข้อมูลที่เกิดขึ้น N โหลดเซลล์สูงสุดที่สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพสำหรับผู้ใช้งาน i, n จำนวนของผู้ใช้ที่กำหนดทุกช่วงเวลาการส่ง Transmission Time Interval (TTI), Δ is TTI length, d^{max} ความล่าช้าสูงสุด ε is the maximum ratio of delayed และการสูญเสีย packet กับ คุณภาพการให้บริการในการรับรู้ของผู้ใช้งน(service quality perceived) โดยผู้ใช้ ยังน่าพอใจ ถ้า s_1 and s_2 เป็นค่าเฉลี่ยของขนาด packet กับ2 บริการ , และ s_i^{max} เป็นค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูลที่สามารถส่งไปยังผู้ใช้ i ในสัญญาณการส่งข้อมูลเดียวกัน , then $\alpha = s_2 / s_1$ and $\beta = s_i^{max} / s_i$.



ภาพที่ 12 Changing QoS Class for low priority e-learning traffic flow

สำหรับแต่ละผู้ใช้งาน , the maximum accepted ratio of delayed และ lost packets (ε) แตกต่างกัน,ตัวแปรของผู้ใช้งาน ,ต้องกำหนด การไม่ซ้ำ ของระดับคุณภาพที่ต่ำสุดที่ยอมรับได้ สำหรับ video stream ที่เข้ามา, M_i. นี่เป็นระดับการรับที่ต่ำสุด DQOAS สามารถส่งได้สำหรับ user i, ε เป็นค่าที่กำหนดไว้ข้างต้น อย่างมีนัยสำคัญ เพราะการสูญเสียหรือความล่าช้าของ packet จะลดคุณภาพลง M_i. สิ่งที่แก้ปัญหานี้, ε มีmaximum เท่ากับอัตราความล่าช้าและการสูญเสีย packet เป็นการเพิ่ม mininum expected level: $M_i^{new} = M_i + \varepsilon$.

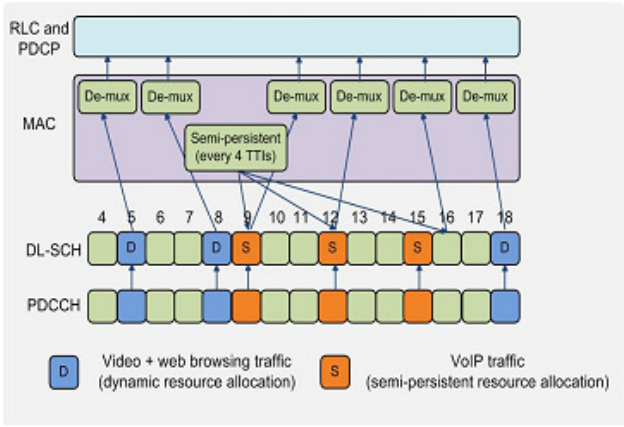
เมื่อแหล่งการจราจรมีลักษณะเช่นกระแสที่แตกต่างกัน ผู้ใช้จะประสบความสำเร็จ QoE สูง ต่อการใช้โปรแกรม ถ้าทั้งกระแส มี QoS class เดียวกัน $(\rho=1)$. ในกรณีนี้ (1) กลายเป็น

$$\frac{(f_1 + \alpha f_2) \cdot T \cdot \left\lceil \frac{N}{n} \right\rceil \cdot \Delta}{(T + d^{max}) \cdot \beta} \leq \frac{1}{1-\varepsilon} \qquad (M_i^{new} = M_i(1+\varepsilon))$$

ข้อได้เปรียบของการอยู่ในระดับ QoS เดียวกัน นั้น อัลกอริทึมเฉพาะการเรียงลำดับคิว จะพิจารณากระแสทั้งคู่กับระดับความสำคัญเดียวกัน (ลำดับความสำคัญของผู้ใช้ที่อยู่ในคิว). ในทางนี้ packet ที่เข้ามาจากโปรแกรมเดียวแม้แต่ใน bearers ที่แตกต่าง จะมีความล่าช้าของคิวเดียวกัน, การปรับปรุง โปรแกรม ของ QoE แสดงอยู่ใน

ในกรณีของเราพวกเราจะพิจารณา โปรแกรมที่สร้าง 3ความแตกต่างของกระแสข้อมูล VoIP, video streaming and web browsing traffic. แต่ละประเภทจะจัดการที่แตกต่างกัน โดย downlink scheduler ข้อมูล VoIp เป็น scheduler ที่ใช้กลยุทธกึ่งถาวร ซึ่งกรแสข้อมูลแบบ video และ web browsing เป็น แบบไดนามิก

การนำเสนออัลกอริทึม โดยใช้ DQOAS ร่วมกัน กับข้อมูลใหม่ในการจัดเรียงลำดับ mapping scheme ได้รับการควบคุมที่เพิ่มขึ้นเหนือกว่าข้อมูลนั้น ที่เป็น แบบไดนามิก scheduled. การพิจารณาข้อมูลที่รับเข้ามาจากโปรแกรมเดียว ยกเว้น VoIP, DQOASสามารถเพิ่มระดับคุณภาพสำหรับสื่อ multimedia stream based บนการตั้งค่าของผู้ใช้งาน บนช่องทางการพิจารา แบบฉับพลัน และบน resource allocation scheme, กับการส่งผลกระทบน้อยที่สุดบน การจราจร VoIP, เพิ่มคุณภาพโดยรวมของประสบการณ์ของโปรแกรม



ภาพที่ 13 Semi-persistent and dynamic scheduling

วิธีการแก้ปัญหาเป็นการทดสอบการใช้แบบจำลองระบบ LTE [12] ความสามารถในการเลียนแบบ LTE SISO (Single Input Single Output)และ MIMO networks using TxD (Transmission Diversity) or OLSM (Open Loop Spatial Multiplexing) โหมดการส่งผ่าน

PHY layer model เป็น ฐานของการ post-equalization SINR การเสนอ pre-calculated fading parameters และเพื่อลดซับซ้อนในการคำนวณที่ใช้เวลา ในการทดสอบที่ดำเนินการ เป็นการใช้ 3 schedulers (round robin, proportional fair and maximum throughput),กับหลายกระแสข้อมูลสำหรับทุก UE, จำนวน 7 eNodeBs กับ 20 UE ที่แสดงให้เห็น การทดสอบการใช้ครือข่าย LTE ตารางที่ 4 แสดง parameters การใช้DQOAS อัลกอริทึม และ scheme จัดลำดับความสำคัญ เสนอใน ส่วนที่ 3 เป็นการดำเนินการ เพื่อทดสอบการปรับของอัลกอริทึมผ่านเครือข่าย LTE. ผลการ

จำลองได้ด้วย schedulers ที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับผลที่ได้รับเมื่อใช้ parameters mapping scheme เดิมไม่ปรับ(no adaptation algorithm is employed) เหลือแค่สถาปัตยกรรม LTE QoS เพื่อจัดการกระแสมัลติมีเดีย

Parameter	Value
Frequency	2.0 GHz
Bandwidth	5 MHz
Thermal noise density	-174 dBm/Hz
Receiver noise figure	9 dB
nTX x nRX	2 x 2
TTI length	1e-3 s
Simulation length	1000 TTIs
Subcarrier averaging algorithm	EESM
UE speed	5 Km/h

ตารางที่ 4 Parameters used for running simulation scenarios

จำนวนแบบจำลองเป็นการพิจารณาสำหรับการทดสอบการดำเนินการของการเสนอกลไกการปรับตัว ในแต่ละสถานการณ์จำลอง 3 กระแสข้อมูลกับการแตกต่างของการจัดลำดับความสำคัญ เป็นการส่งให้แต่ละ user เพื่อที่จะประเมินการจราจรแบบผสม (VoIP, video streaming and web browsing data). User i พิจารณาการพอใจกับการบริการที่ได้รับ ถ้าระดับคุณภาพ เป็นข้างต้น $M_i^{new} = M_i + \varepsilon$, เมื่อ M_i แสดงถึงระดับคุณภาพขั้นต่ำที่ยอมรับ สำหรับ User

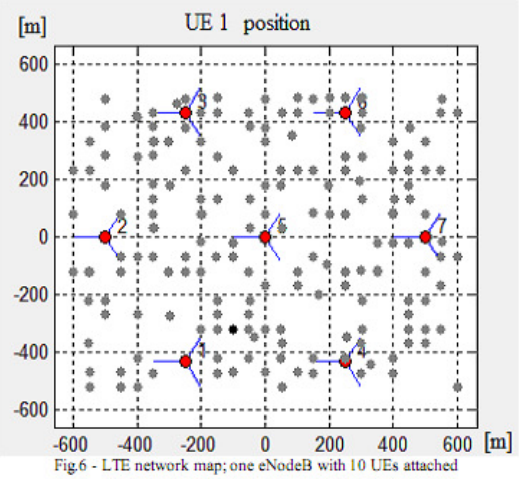


Fig.6 - LTE network map; one eNodeB with 10 UEs attached

ภาพที่ 14 LTE network map one eNodeB with 10 UE attached

สถานการณ์แรกใช้ ตัวแปร มาตรฐาน QoS mapping scheme และกลไกล QoS LTE เพื่อส่งกระแส ให้แตกต่างในการลำดับความสำคัญ สถานการณ์ที่สอง กลไกการส่ง LTE เป็นการทดสอบการใช้เสนอ mapping schema, ใน video and web browsing data streams เป็นการพิจารณาการมีการจัดลำดับความสำคัญเดียวกันกับน้ำหนักเดียวกันใน คิว schedulers ในขณะที่การจราจร VoIP employs จะใช้ semi-persistent scheduler สถานการณ์ที่สาม ใช้ DQOAS algorithm ควบคู่กับ mapping scheme ใหม่ สำหรับแต่ละสถานการณ์ ใน 3 สถานการณ์ที่พบบ่อย schedulers ได้รับการพิจารณา Maximum Throughput scheduler (MT) Round Robin scheduler (RR) and Proportional Fair scheduler (PF)

ระดับที่ต้องการขั้นเสำหรับ multimedia stream ตั้งไว้ที่ 0.500 Mbps สำหรับทุกuser ในขณะที่สำหรับกระแสที่สอง (web browsing) ระดับ accepted ต่ำสุดตั้งไว้ที่ 0.250Mbps โดยมันจะพิจารณา โดยใช้ semi-persistent scheduler, การจราจร VoIP ถูกส่งเป็นคุณภาพที่เหนือความคาดการของผู้ใช้งานในส่วนของ throughput และค่าเฉลี่ย ของBLER คำนวณในช่วง 40 วินาทีของแต่ละแบบจำลอง

บทความนี้จะแนะนำการทำ mapping scheduler สำหรับตัวแปร LTE QoS แก้ไขการตั้งค่าลำดับความสำคัญการไหลสองออกจากสามสายที่สร้างโดยโปรแกรมเดียวกัน วิธีการถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ DQOAS ผ่านเครือข่าย LTE การเพิ่มจำนวนของโปรแกรมพร้อมกันต่อผู้ใช้มีความพึงพอใจและลดกระแสBLER ของแต่ละบุคคล ที่ได้รับผลดีโดยโซลูชั่นที่นำเสนอ เมื่อโปรแกรมประยุกต์หนึ่งสร้างวิดีโอสตรีมมิ่งและการจราจรweb browserได้รับการสนับสนุนผู้เขียนกับการพิจารณาละเอียดอ่อนมากขึ้น เรื่อง:ใช้การแก้ไปยังโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างสามข้อมูลที่แตกต่าง flows: VoIP, video streaming and web browsing โดยการปรับแต่งพารามิเตอร์ QoE เพิ่มขึ้นสำหรับการใช้งานใช้ VoIP video and web browsing ในเวลาเดียวกัน (e.g. video conferencing over LTE) ได้

สำหรับสถานการณ์การทดสอบแต่ละครั้ง หมายถึง BLER และ throughput วิเคราะห์สำหรับผู้ใช้ทั้งหมดและสำหรับผู้ใช้คนเดียว User Fig.7 ที่มีการจัดส่งผ่านและมีประสบการณ์ BLER โดย User 1 เมื่อมันมีการร้องขอ web browsing (stream 1) video streaming (stream 2) และVoIP traffic จาก application เดียวกัน กลไก QoS LTE และการ mapping เดิมซึ่งเป็นการใช้ในกรณีนี้ ใน Fig.8 ข้อมูลเดียวกันมาลงจุด เมื่อ the new mapping scheme ถูกใช้งานร่วมกันกับ DQOAS adaptive algorithm มันสามารถจะสังเกตเห็นว่า ค่า BLER จะลดลงเล็กน้อยในกรณีที่สอง ในขณะที่ยังรักษาคุณค่าของส่งผ่านที่มีเสถียรภาพ กระแสข้อมูลทั้งคู่ ไว้ไปเป็นระดับต่ำสุดคุณภาพที่คาดหวัง โดยby User 1 (500 kbps for video streaming and 250 kbps for web browsing)เพิ่ม QoE โดยรวมของโปรแกรม เมื่อ DQOAS algorithm ใช้ร่วมกับจัดลำดับความสำคัญที่นำเสนอ ในรูปแรก (first figue) the streams are not meeting the minimum quality conditions expected by user 1 thus reducing the applications' quality of experience

นอกจากการลด BLER ,การเสนอข้อจำกัดของแก้ปัญหาการผกผันของthroughput เป็นเพราะว่าควบคุมความแตกต่างระหว่างระดับการส่งข้อมูลโดย DQOAS

การเปลี่ยนแปลงใหญ่ใน throughput เป็นส่งที่ไม่พึงประสงค์การกระบวนการส่งข้อมูล multimedia เพราะเป็นการลดคุณภาพการส่งข้อมูลที่ได้รับอย่างรวดเร็ว

Table II แสดงค่า BLER ที่ได้รับระหว่างการทดลองเมื่อใช้ทั้ง 3 schedulers (VoIP traffic ใช้ semi-persistent schedulingและมันไม่แสดงค่ากลับ (represented) ค่าเฉลี่ยที่ได้รับในช่วง 3 สถานการณ์ที่มี 0.7 % - 1.4 % ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกรณีแรกเพราะอัตราการส่งแบบไดนามิกที่ใช้โดย DQOAS

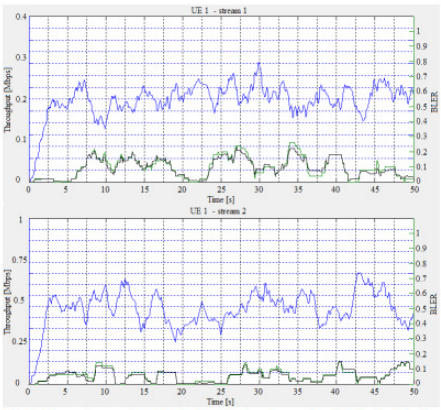


Fig.7 - Throughput and BLER for User 1 when Proportional Fair scheduler is used (original mapping scheme + LTE QoS mechanism)

ภาพที่ 15 Throughput and BLER for User when Proportional Fair scheduler is used

ถ้า scheduler MT ใช้ แบบจำลองแบบแรก ค่าเฉลี่ย Throughput ที่ทได้รับต่อผู้ใช้ทั้งหมดที่ได้คือ 0.291 Mbps ในขณะที่กระแสที่สองมีค่าเฉลี่ย 1.840 Mbps

		BLER (PF scheduler) [%]	BLER (RR scheduler) [%]	BLER (MT scheduler) [%]
Scenario 1	Stream 1	1.9	2.7	3.9
	Stream 2	1.7	2.1	3.4
Scenario 2	Stream 1	1.9	2.6	2.8
	Stream 2	1.8	2.4	2.6
Scenario 3	Stream 1	1.6	2.2	2.5
	Stream 2	1.4	1.8	2.3

ตารางที่ 5 Bler averag values when different schedulers areused

ในกรณีนี้จำนวนผู้ใช้มีความพึงพอใจเพียง 23 เพราะเป็นการกำหนดเฉพาะผู้ใช้ CQI ที่ดีที่สุด ตามลักษณะของ schedulers MT สำหรับจำลองที่ผลที่ได้ตากการปรับปรุงยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำสุดของ QoS Level เพราะเป็นการจัดลำดับความสำคัญใหม่ ในกรณีนี้ จำนวนควรพึงพอใจของผู้ใช้ในเวลาเดียวกันเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการจัดลำดับความสำคัญช่วยใช้กระแสข้อมูลในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น

Third scenario การปรับใช้ อัลกอริทึ่ม DQOAS ที่ปรับข้อมูลของทั้งสอง stramที่มีความสำคัญเดียวกัน จากการ schame นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญ เป็นเพราะว่า DQOAS มีความเร็วในการตอบสนองคุณภาพลดลง ค่า BLER จะลดลงในกรณีนี้

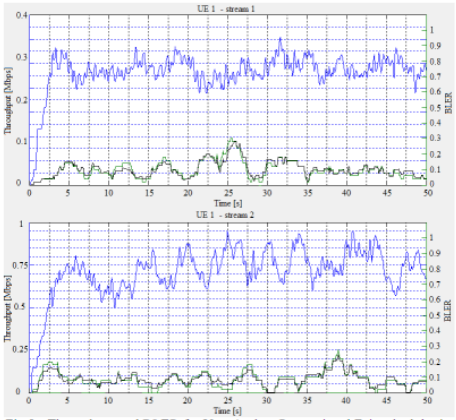


Fig.8 - Throughput and BLER for User 1 when Proportional Fair scheduler is used (new mapping scheme + DQOAS)

ภาพที่ 16 Throughput and BLER for User when Proportional Fair scheduler is used

แม้ว่าค่า throughput เฉลี่ยต่อผู้ใช้กำหนดทั้งหมด จะไม่เป็นที่สูงที่สุดเท่าสองกรณีแรก จำนวนของลูกค้าที่พอใจจะเพิ่มมากขึ้น 28% เทียบกับสถานการณ์แรก และ 15% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ที่ 2 ดังตาราง

	THE PERCENTAGE OF SATISFIED USERS (out of 140 total users) WHEN THE SCHEDULER USED I		
	PF	RR	MT
Scenario 1	48	46	23
Scenario 2	61	56	41
Scenario 3	76	68	52

ตารางที่ 6 The percentage of satisfied users when three schedulers are considered

DQOAS อัลกอริทึมร่วมกับ scheme การจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล และพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถที่จะดำเนินการปรับที่เหมาะสมของเนื้อหาแบบมัลติมีเดียและ web browsing traffic streamed บนเครือข่าย LTE wireless โดยโปรแกรมที่สร้าง VoIP traffic

ผลการค้นหาจะแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการ DQOAS สามารถใช้ ได้ผลดีใน 3GPP LTE networks ถ้าในถ้าจัดลำดับความสำคัญ scheme บริการเดิมดัดแปลงเพื่อให้ DQOAS โอกาสในการจัดการจัดสรรทรัพยากรคลื่นวิทยุ กำหนดการจะไม่แทนที่การตั้งค่าขั้นตอนวิธีการของ scheduler

จะไม่แทนการขั้นตอนวิธีการของตั้งค่าให้ DQOAS เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเชื่อมโยง การเพิ่มจำนวนของผู้ใช้พึงพอใจพร้อมกันซึ่งเป็นผลกระทบที่ได้จาก VoIP

ถ้าโครงการที่เสนอวิดีโอการปรับตัวที่ใช้ในการแสดงตนของการจราจร VoIP เป็นที่คาดหวังที่จะเพิ่มจำนวนของผู้ใช้พึงพอใจในขณะที่ลด BLER และการจัดการทรัพยากรวิทยุในลักษณะมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทำงานต่อไปการขยายโครงการจัดลำดับความสำคัญที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้ได้การตอบสนองเร็วไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่อาจปรากฏในการจัดส่ง VoIP การทดสอบโครงการที่เสนอโดยใช้แบบจำลองการขยายพันธุ์ที่แตกต่างกันสามารถใช้ได้กับจำลองเป็นอีกหนึ่งที่น่าสนใจของการขยายงานนี้

D. QoS-Aware Load Balancing in 3GPP Long Term Evolution Multi-Cell Networks

ในบทความนี้ตรวจสอบปัญหาของ load banlancing สำหรับเครือข่าย LTE เนื่องจากเครือข่าย LTE มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การบริการที่มีคุณภาพอิทธิพลของการ load imbalance ความต้องการที่แตกต่างของการให้บริการ สำหรับผู้ใช้ที่มีความต้องการในอัตราที่ต่ำอาจส่งผลให้เกิดการป้องกันสูง ขณะที่ผู้ใช้อื่นไม่ได้มีการกำหนดความต้องการในขั้นต่ำ throughput ขอบเขตการใช้งานอาจจะต่ำ

ในบทความนี้จะนำความแตกต่างของปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพแบบ Multi Objective ทั้งหมดลงบัญชีที่กำหนดไว้ วิเคราะห์ความซับซ้อนของ load balancing พร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ซึ่งรวมไปถึงในเรื่องการ guaranteed hybrid การกำหนดตารางของคุณภาพในการให้บริการผู้ใช้ที่ตระหนักถึงคุณภาพในการให้บริการและผู้ใช้ที่ไม่มีความต้องการของคุณภาพในการให้บริการ และการควบคุมการตอบรับหรือเรียกใช้งาน

การจำลองแบบกว้างขวางจะดำเนินการในเรื่องของทฤษฎีที่จะนำไปสู่การ load balancing อย่างมีนัยสำคัญที่ดีขึ้น และผู้ใช้ที่มีความต้องการในคุณภาพของการให้บริการจะทำให้การป้องกันลดลง และการเพิ่มขึ้นของขอบเขต throughput ที่ดีที่สุดของผู้ใช้

จัดการแก้ปัญหาของ load balancing ใน เครือข่าย LTE ลักษณะที่แตกต่างของความต้องการคุณภาพในการให้บริการ (QoS)

เครือข่าย LTE มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีเสาอากาศแบบ Multi Input Multi Output (MIMO) และเทคโนโลยีการเข้าถึงแบบ Orthogonal Frequency Division Multiple (OFDM) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเครือข่ายได้รับอิทธิพลมาจากเรื่องการ load imbalance ระหว่างเซลล์ที่อยู่ใกล้เคียง มีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่จะจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในเครือข่ายโทรศัพท์ เช่น “channel borrowing”[1] หรือ “call tansfer”[2] ในระบบ GSM ยกตัวอย่างเช่น วงจรสลับเปลี่ยนเครือข่าย และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้ และเซลล์ที่เป็นตัวชี้วัดความแตกต่างในเครือข่าย LTE เหมือนกับ วงจรสลับ [3] – [5] แต่งานวิจัยที่กล่าวพิจารณาเพียงผู้ใช้ไม่มีความต้องการในคุณภาพในการให้บริการ (QoS)

เครือข่ายหลายเซลล์ downlink LTE ให้ผู้ใช้บริการ heterogenous ที่มีความต้องการในเรื่องของคุณภาพในการให้บริการ (QoS) ในรูปแบบของผู้ใช้ที่มีความต้องการที่แตกต่างกันในเรื่องของ QoS เช่น ตามอัตราบิตคงที่ Constant bit rate (CBR) ผู้ใช้มีความต้องการอัตราต่ำสุด และพยายามให้ดีที่สุด Best effort (BE) สำหรับผู้ใช้ที่ไม่มีความต้องการในเรื่องของ QoS รูปที่ 1 มีทั้งหมด 7 เซลล์แต่ล่ะเซลล์จะถูกควบคุโดยส่วนที่อยู่ตรงกลาง eNodeB สามารถใช้สลับกันได้ physical resource block (PRB) เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดสามารถจัดสรรให้ผู้ใช้แต่ล่ะคนในแต่ล่ะเฟรม 1 มิลลิวินาทีต่อเฟรม โครงสร้างลิงค์

สามารถตรวจสอบและรับรู้ความแรงของสัญญาณได้ทันที และข้อมูลสถานะของช่องสัญญาณที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลหรือรายงานข้อมูล

สัญญาณและเสียงที่เกิดการรบกวนด้วยอัตราส่วนหรือ Signal-to-Interference-and-Noise-Ratio (SINR) user $\in$ K ที่ได้รับจาก PRB l จากเซลล์ I $\in$ n ที่เฟรม T คือ

QoS-Guaranteed Hybrid Scheduling

ในทางปฏิบัติผู้ใช้ที่มีความต้องการ QoS สูง มักจะมีการรับประกันอย่างเต็มที่ในช่วงแรก

รูปแบบเครือข่ายที่จัดสรรทรัพยากร เพื่อตอบสนองอัตราของผู้ใช้ CBR และการกำหนดทรัพยากรที่เหลือสำหรับผู้ใช้ BE เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์ให้กับเครือข่าย

ความต้องการที่หลากหลายของผู้ใช้ที่มีความต้องการของ QoS ยังคงเป็นปัญหาปริมาณของทรัพยากรที่จัดสรรให้กับผู้ใช้ที่มีความต้องการใน QoS จะถูกกำหนดเฉพาะอัตราแบนด์วิดธ์และประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของ CBR user k ในเซลล์ i การจัดสรรทรัพยากรถูกกำหนดเป็นความถี่เวลาดังนี้

Simulator

ประเมินถึงอิทธิพลของ ψ^{cbr} เมื่อประสิทธิภาพความน่าจะเป็นของ CBR การป้องกันของผู้ใช้ ผ่าน 5 เปอร์เซนต์ของผู้ใช้ BE และ throughput รวมของผู้ใช้อยู่ในสถานการณ์ที่มีอัตรามาถึงคงที่อย่างแน่นอนตั้งแต่ผู้ใช้ BE ได้รับประสิทธิภาพการ load balancing จะคล้ายกับ [4] ผลลัทธ์จะเท่ากับ ψ^{be}

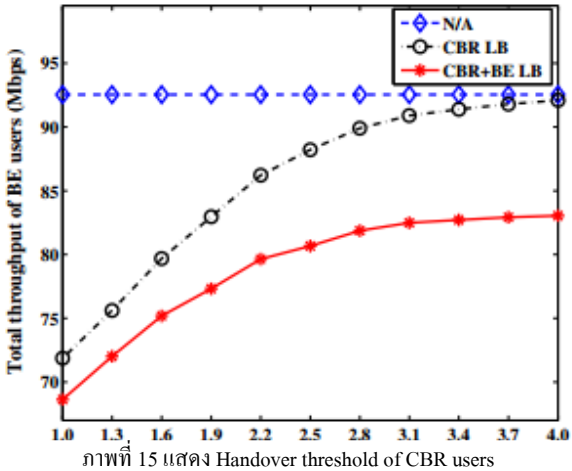
เครือข่ายนี้ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็ก 7 เซลล์ใน hexagonal ที่ประกอบด้วยผู้ใช้ hetorogenous แสดงในรูปที่ 1 ระยะห่างระหว่าง eNodeB ใกล้เคียง 130 meters กำลังในการส่งสูงสุดของ eNodeB ทั้งหมดเท่ากับ 38 dBm และมีขนาดของแบนด์วิดธ์ 10MHz ซึ่งมีความสอดคล้องกับ

สถานการณ์จำลองที่ 3GPP แนะนำ [10] เทคนิคนี้จะใช้เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบขอบเขตที่ใช้งาน

เมื่อผู้ใช้ BE ในแต่ละเซลล์มาถึง CBR ตามกระบวนการของพัวซอง (poisson) λ_i^c และ λ_i^b ที่แจกจ่ายให้กับผู้ใช้ค่าเฉลี่ยประมาณ 100 วินาที โดยความต้องการทั้งหมดของผู้ใช้ CBR คิดเป็นอัตรา 250kbps

Simulator Result

N/A , LB CBR และ CBR + BE LB ใช้แสดงผลระหว่าง no load balancing และ load balancing ทั้ง 2 CBR และผู้ใช้ BE ตามลำดับ

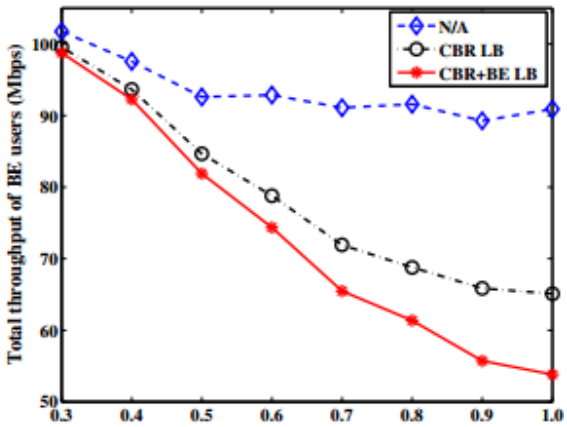


ภาพที่ 15 แสดง Handover threshold of CBR users

เมื่อ ψ^{cbr} มีขนาดเล็ก ผู้ใช้ CBR มีจำนวนมากจะทำให้ load balancing สมดุลมากขึ้น ดังนั้นเครือข่ายสามารถให้บริการผู้ใช้ CBR ที่จะออกใช้ทรัพยากรน้อย และเพิ่ม ψ^{cbr} สำหรับผู้ใช้ BE ช่องว่างระหว่าง CBR LB และ N/A จะมีขนาดเล็ก throughput ของ CBR + BE LB มีขนาดเล็กกว่า LB CBR ค่าใช้จ่ายของการเพิ่ม throughput ของผู้ใช้อยู่ที่ 4.5% - 9.8% การสูญเสียของอัตราความเร็วรวม เนื่องจาก handover ผู้ใช้ BE ค่อนข้างจะไม่ใช้งานแต่จะเพิ่มอัตราความเร็วของ throughput ด้วยต้นทุนค่าใช้จ่ายของประสิทธิภาพคลื่นความถี่ต่ำ ผลที่ได้จะสอดคล้องกับผลลัพธ์ [4] โดยไม่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับ QoS

ค่าความแปรปรวนของประสิทธิภาพการทำงานด้วยอัตราที่แตกต่างกัน

ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมกับ handover ถาวร และอัตราที่แตกต่างของผู้ใช้ที่มาถึงในเซลล์ ψ^{cbr} กับ ψ^{be} ทั้งสองอย่างถูกกำหนดเป็น 1.5



ภาพที่ 16 แสดง Arrive rates of CBR and BE users in cell 1

อัตราความเร็วรวมของผู้ใช้ภายใต้อัตราการเข้าถึงที่แตกต่างกันแสดงดัง รูป เป็นการเพิ่มขึ้นของอัตราการที่ผู้ใช้มาถึง รวมถึงอัตราความเร็วลดลงเนื่องจากทรัพยากรถูกครอบครองเพิ่มขึ้น โดยผู้ใช้ CBR และทรัพยากรน้อยกว่าด้านซ้ายของผู้ใช้ BE ช่องว่างระหว่าง CBR LB และ N/A จะมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นของผู้ใช้ที่มาถึง ความน่าจะเป็นสูงสำหรับผู้ใช้ CBR ทำ handover สำหรับการ load balancing จึงมีทรัพยากรเหลือน้อยสำหรับผู้ใช้ อัตราความเร็วเฉลี่ยรวม CBR LB เท่ากับ 15.9% น้อยกว่าที่ไม่มีการ load balancing และการสูญเสียอัตราความเร็วโดยรวมเฉลี่ยแล้ว 7.1% ใน LB CBR เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ในพื้นที่ CBR LB

ปัญหาการ load balancing ในเครือข่าย LTE ข้อกำหนด QoS ต่างๆที่นำมาพิจารณา ขั้นแรกกำหนดปัญหาการปรับ multi objective ให้เหมาะสม และวิเคราะห์ความซับซ้อนของปัญหา เสนอกรอบการทำงานแบบการศึกษา และการแก้ไขในการกระจาย รวมถึงการรับประกันของ QoS ทราบถึงความต้องการ QoS ของผู้ใช้งานที่แตกต่างกัน และใช้การโทรเข้าควบคุม จากนั้นมีการประเมินค่าประสิทธิภาพการทำงาน handover บนเครือข่าย ในบทความนี้สามารถลดความน่าจะเป็นการป้องกันของผู้ใช้ CBR และเพิ่มอัตราความเร็วของผู้ใช้ในขอบเขตเซลล์ โดยเฉพาะการลดบิตของอัตราความเร็วโดยรวม

E. Enhancing FEC Application in LTE Cellular Networks

อธิบายการสร้างความร่วมมือของโครงการ (3GPP) วิวัฒนาการระยะยาว (LTE) มุ่งเน้นไปที่การเสริมสร้างUniversal Terrestrial Radio Access (UTRA) พัฒนามัลติมีเดีย ออกอากาศและบริการ Multicast (e-MBMS) ใช้ออกอากาศมัลติมีเดียผ่านเครือข่ายความถี่เดียว (MBSFN) การดำเนินการเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานในการดำเนินงาน MBSFN ข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางอากาศพร้อมกันจากเซลล์หลายรายการอย่างแน่นหนาเวลาตรงกัน รหัส Raptor ได้รับมาตรฐานเป็นเลเยอร์ของโปรแกรมหลักForward Error Correction (FEC) วิธีการ สำหรับ e-MBMS

เนื่องจากข้อผิดพลาดการป้องกันขั้นสูงที่พวกเขาเสนอและสมรรถนะทั่วไปของพวกเขา ในการศึกษานี้เราจะตรวจสอบโปรแกรมของ FEC ใน MBSFN ที่เปิดใช้งานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ LTE และเรานำเสนอรูปแบบใหม่ที่คำนึงถึงคุณสมบัติของ MBSFN เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นในระหว่างการส่ง FEC e-MBMS โครงการที่เสนอมาเปรียบเทียบกับวิธีการกู้คืนไฟล์อื่น ๆ และมีการประเมินผลกับพารามิเตอร์เครือข่ายต่างๆในสภาพแวดล้อมแบบจำลองที่สมจริงพารามิเตอร์การจำลองระบบที่ถูกนำเข้าบัญชีสำหรับการจำลองของเราจะถูกนำเสนอในตารางที่สถานการณ์การประเมินผลโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับการ LTE เป็นกรณีmacro 1 กับแบนด์วิดธ์ MHz 1.4 และต่ำเจ้าหน้าคล่องตัวการขยายพันธุ์แบบสำหรับสถานการณ์เซลล์ macro จะขึ้นอยู่กับรูปแบบOkamura Hata

Parameter	Units	Value
Cellular layout		Hexagonal grid, 19 cell sites
UE drop location cells		7
Inter Site Distance (ISD)	m	500
Carrier frequency	MHz	2000
System bandwidth	MHz	1.4
Channel model		3GPP Typical Urban
Path loss	dB	Okumura-Hata
BS transmit power	dBm	46
BS # Antennas		1
UE # Rx Antennas		2
UE speed	Km/h	3

ตารางที่ 7 แสดง SIMULATION SETTINGS

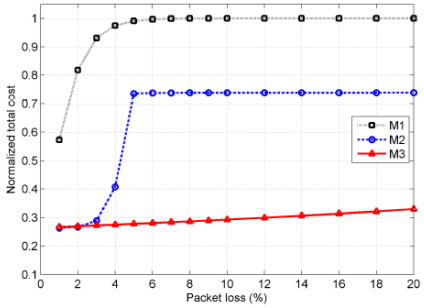
ในระหว่างการทดลองจำลองเราเปรียบเทียบโครงการที่เสนอ (M3) กับวิธีการกู้คืนข้อผิดพลาดที่มีอยู่ (M1 และ M2) ที่แสดงข้างต้นประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการดังกล่าวคือการประเมินผ่านโครงการจำลองจริงที่รวมทุกค่าเครือข่ายและสอดคล้องกับข้อกำหนด 3GPP สอดคล้อง ในกรอบนี้เราจะพิจารณาผลการดำเนินงานของโครงการของเราที่อยู่ภายใต้อัตราความผิดพลาดที่แตกต่างกันประชากรผู้ใช้และการกำหนดค่า FEC เป็นถึงการประเมินผลของวิธีการดังกล่าวจะดำเนินการจากมุมมองค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคม การประมาณค่าของปัจจัยของค่าใช้จ่ายในแต่ละจะขึ้นอยู่กับตัวชี้วัดสำหรับค่าใช้จ่ายการสื่อสารโทรคมนาคมสำหรับการส่งมอบให้โดย MBSFN สมการที่ (2) ในช่วงสั้น ๆ ค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคมรวมสำหรับการจัดส่งของ MBSFN ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายการส่งผ่านอินเตอร์เฟซ UU (อากาศ) การส่งผ่านต้นทุนไป interfaces M1 และ M2 ค่าใช้จ่ายในการประมวลผลสำหรับการประสานและค่าใช้จ่ายของขั้นตอนการสำรวจในแต่ละ Node-e B (base station) สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมกว่าวิธีการข้างต้นและต้นทุนที่เกี่ยวข้องเราดูผู้อ่านที่จะนำเสนอในการวิเคราะห์

$$C_{MBSFN} = C_{Uu} + C_{M1} + C_{SYNC} + C_{Polling} = \left(D_{Uu} + D_{M1} + \frac{D_{M1}}{N_{p_burst}}\right) \cdot N_p \cdot N_{eNB} + \left(D_{p_eNB} \cdot N_{cell} + D_{M2} \cdot N_{eNB}\right) \quad (2)$$

ที่สุดก็ควรจะชี้แจงว่าค่าใช้จ่ายคำนวณสำหรับแต่ละวิธีคือผลรวมของค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งไฟล์เริ่มต้นค่าใช้จ่ายสำหรับการส่งแพ็กเก็ตเพิ่มเติมเนื่องจากการเข้ารหัสและ FEC ค่าใช้จ่ายสำหรับการคัดเลือก retransmission ของแพ็กเก็ตที่หายไป

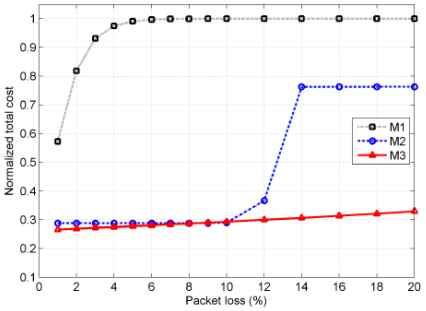
A. Cost vs Packet Loss

มีการกล่าวถึงวิธีการกู้คืนข้อผิดพลาดที่แตกต่างกันที่มีการศึกษาในงานนี้เราประเมินค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับอัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตที่แตกต่างกันสมมติ:a) retransmission MBSFN ของแพ็กเก็ตที่หายไป (M1) b) การประยุกต์ใช้จำนวนคงที่ของ FEC สำหรับการกู้คืนจาก แพ็คเก็ตที่หายไป (M2) และ c) การส่งพิเศษของสัญลักษณ์ที่ซ้ำซ้อนสำหรับการกู้คืนแพ็คเก็ต (M3)



ภาพที่ 17 Cost vs packet loss rate

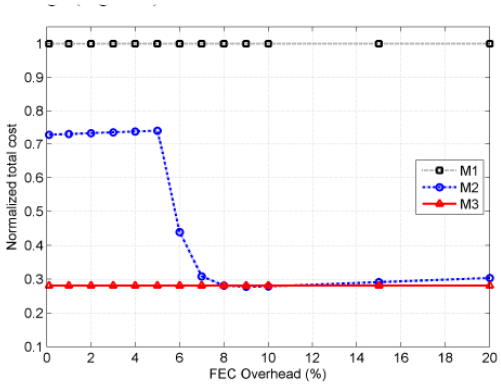
(UE population = 100, fixed FEC overhead = 5%)



ภาพที่ 18 Cost vs packet loss rate

(UE population = 100, fixed FEC overhead=15%)

ในกรณีแรกของการทดลอง (รูปที่ 30) ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้โดยการเข้ารหัส FEC ได้รับการตั้งค่าให้ 5% ในรูปที่ 30 ค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคมปกติรวมคือค่าที่แตกต่างกันระหว่าง 0 และ 1 และเท่ากับค่าใช้จ่ายในปัจจุบันแบ่งตามสูงสุดที่สอดคล้องกันหนึ่งคือพล็อตน่าจะเป็นกับการสูญเสียแพ็คเก็ต รูปที่ 30นำเสนอ retransmission ชุมนุมของกลุ่มหายไป (วิธี M1) เป็นวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับสองวิธีอื่น ๆ ที่ใช้ FEC, irrespectively จากร้อยละแพ็กเก็ตสูญหาย นอกจากนี้ในรูปนี้เราจะสังเกตเห็นว่าวิธีการ M2 มีเกือบค่าใช้จ่ายโทรคมนาคมเดียวกันรวมกับวิธีการที่เสนอ (M3) จนกระทั่งร้อยละแพ็กเก็ตสูญหายถึง 3% อย่างไรก็ตามในขณะที่แพ็คเก็ตสูญหายเพิ่มขึ้นร้อยละค่าใช้จ่ายของวิธีการ M2 เพิ่มขึ้นชี้แจง ในทางตรงกันข้าม ที่เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละแพ็กเก็ตสูญหายเพิ่มต้นทุนของ M3 วิธีเชิงเส้นตรงจากรูปที่ 31, สังเกตแรกคือค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น FEC คงที่ (15%) วิธีการที่มีการจัด M1 ค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคมที่สูงที่สุดรวมของสามวิธี รูปที่ 31 ยังแสดงให้เห็นว่าวิธีการ M2 และ M3 แสดงพฤติกรรมอย่างใกล้ชิดจนกระทั่งสูญเสียแพ็คเก็ตใกล้ 10% ในวิธีการ M2 แต่ค่าที่สูงกว่าร้อยละแพ็คเก็ตสูญหายเพิ่มค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคมรวมอย่างมาก ดังนั้นจึงเป็นมูลค่าการกล่าวขวัญว่าเพิ่มสูงขึ้นอีกในค่าใช้จ่ายของ M2 FEC จะเพิ่มขึ้นเพียงค่าใช้จ่ายทั้งหมดโดยไม่ต้องจริงการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของโครงการ FEC เพื่อสรุปผลวิธีการที่เสนอให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของ irrespectively เงื่อนไขของเครือข่ายในแง่ของเปอร์เซ็นต์แพ็กเก็ตสูญหาย ย่อหน้านี้มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของ FEC prefixed กับค่าโทรคมนาคมรวมสามวิธีภายใต้การตรวจสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปที่ 31 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดปกติสามวิธีเป็นหน้าที่ของร้อยละค่าใช้จ่ายที่ใช้ FEC เมื่ออัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตมีค่าเท่ากับ 5% และจำนวนผู้ใช้ทั้งหมด MBSFN ใน topology คือ 100 เป็นมูลค่าการกล่าวขวัญว่าค่าใช้จ่ายด้านการสื่อสารโทรคมนาคมรวมสำหรับวิธีการ M1 และ M3 จะคงที่และไม่ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายร้อยละ prefixed FEC (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 Cost vs. fixed FEC overhead
(packet loss rate = 5%, UE population =100)

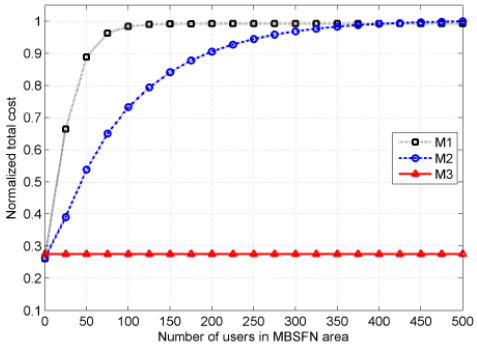
ในทางตรงกันข้าม ร้อยละค่าใช้จ่ายนำ FEC มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของวิธีการ M2 ที่จริงเมื่อวิธีการถูกนำไปใช้ M2 และข้อมูลเพิ่มเติมแนะนำให้รู้จักกับ FEC ยังคงต่ำพอ (0% -5%), retransmissions ซ้ำซ้อนที่ไม่น่าเชื่อถือให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระดับสูงที่ยอมรับไม่ได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราร้อยละของค่าใช้จ่ายที่ใช้ FEC สูงพอ (ในสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงสูงกว่า 10%) เพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดไม่จริงการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบเป็นค่าเล็กของต้นทุนทั้งหมดจะประสบความสำเร็จเมื่อร้อยละของข้อมูลที่ซ้ำซ้อนการแนะนำให้รู้จัก M2 เป็นประมาณ 8%

มันเป็นสิ่งสำคัญที่จะกล่าวถึงว่าปริมาณของค่าใช้จ่าย FEC prefixed เป็นเรื่องของการถกเถียงในแผนการ FEC บางครั้งจำนวนเงินขนาดเล็กไม่ได้มีผลกระทบต่อการส่งใด ๆ และดังนั้นความจำเป็นในการ retransmission แพ็คเก็ต 'และโทรคมนาคมค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทั้งหมด ในทางตรงกันข้าม เป็นจำนวนมากจากค่าใช้จ่ายคงที่ FEC อาจก่อให้เกิดผลเดียวกันในกรณีใด ๆ ตามที่แสดงในรูปที่ 4, โครงการที่เสนอ (M3) มั่นใจต้นทุนต่ำสุดและพิสูจน์พฤติกรรมที่มั่นคงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพเครือข่ายเกิดขึ้น

C. Cost vs. Multicast User Population

ในวรรคนี้เราพยายามที่จะวิเคราะห์ผลกระทบของประชากรผู้ใช้ multicast กับค่าโทรคมนาคมรวมสำหรับการส่งของบริการ MBSFN multicast รูปที่ 5 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดปกติสามวิธีเป็นหน้าที่ของจำนวนผู้ใช้ในพื้นที่ MBSFN เมื่ออัตราการสูญเสียแพ็คเก็ตมีค่าเท่ากับ 5% และค่าใช้จ่ายprefixed FEC แนะนำให้รู้จักกับ M2 เป็น 5% หนึ่งในผลที่สำคัญคือทั่วไป retransmissions ของกลุ่มหายไป (M1) และการประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่าย FEC prefixed (M2) อาจเก็บค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระดับที่ยอมรับได้สำหรับผู้ใช้จำนวนน้อย ขณะที่จำนวนของผู้ใช้จะกลายเป็นขนาดใหญ่ก็เห็นได้ชัดว่าวิธีการ M1 และ M2 ไม่ทำงานได้ดี นี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้น

ของจำนวนผู้ใช้ผลในการเพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นความล้มเหลว นี้เปิดในแสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นพิเศษสำหรับ retransmission ของเซ็กเมนต์ที่หายไป

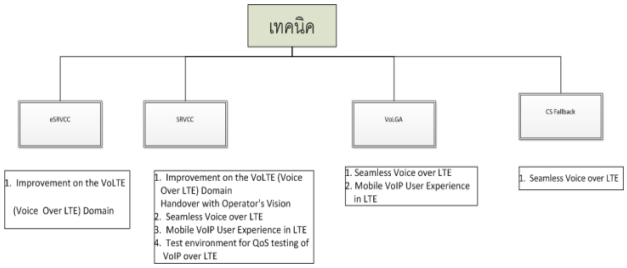


ภาพที่ 20 Cost vs. multicast user population

(packet loss rate=5%, fixed FEC overhead = 5%)

ในทางตรงกันข้าม รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการปกติเสนอเป็นอิสระของจำนวนผู้ใช้และยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ดังนั้นการส่งสัญลักษณ์ที่ซ้ำซ้อนจะพิสูจน์ให้เห็นว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อให้แน่ใจว่าการต้อนรับที่เชื่อถือได้ของข้อมูล MBSFN

การแบ่งกลุ่มประเภทของเทคนิค



ภาพที่ 21 แสดงการแบ่งกลุ่มตามประเภทของเทคนิค

ตารางแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านเทคนิค

ลำดับ	Paper	SRVCC	eSRVCC	VoLGA	CS Fallbak
1	Improvement on the VoLTE (Voice Over LTE) Domain Handover with Operator's Vision	√	√		
2	Seamless Voice over LTE	√		√	√
3	Mobile VoIP User Experience in LTE	√		√	
4	Test environment for QoS testing of VoIP over LTE	√			
5	Mobile VoIP User Experience in LTE	√		√	√

ตารางที่ 8 การแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านเทคนิค

A. Improvement on the VoLTE (Voice Over LTE) Domain Handover with Operator's Vision

B. Seamless Voice over LTE

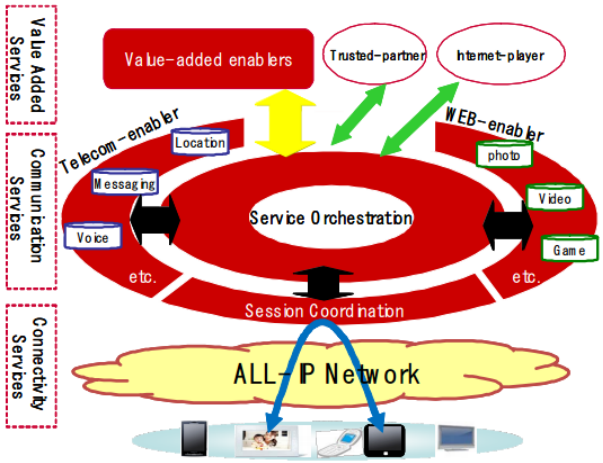
C. Mobile VoIP User Experience in LTE

D. Test environment for QoS testing of VoIP over LTE

E. Mobile VoIP User Experience in LTE

CONCEPT OF AIPN AND SEN

ในส่วนนี้วิสัยทัศน์ของเราสำหรับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือในอนาคตคืออธิบายซึ่งครอบคลุมทั้ง SEN (Service Enabler Network) และ AIPN (All-IP based Network)/ รูปที่ 1 แสดงให้เห็นแนวคิดโดยรวมทั้งการจัดการบริการและการขนส่ง IP ตามเครือข่ายระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือจะถูกแยกออกเป็นสองชั้น ชั้นล่างหมายถึง "AIPN" และชั้นบนหมายถึง "SEN" / AIPN เป็นเครือข่ายหลัก IP-based มือถือซึ่งให้ความคล่องตัวและการเชื่อมต่อข้อมูลที่ได้รับการจับจ้องอย่างเต็มที่เป็นมาตรฐาน EPC ใน 3GPP/ SEN เป็นแพลตฟอร์มในการให้บริการต่างๆด้านบนของ All-IP Network layer บริการภาพเหมือนในรูปที่ 1 เป็นแนวคิดของฟังก์ชันรองรับการให้บริการซึ่งจะช่วยให้การสร้างบริการที่มีมูลค่าเพิ่มใหม่โดยมีความยืดหยุ่นรวมฟังก์ชั่นการบริการที่หลากหลาย/ผู้ประกอบการเรามีเป้าหมายที่จะให้มีความยืดหยุ่นในการสร้างบริการที่รวดเร็วและแบบไดนามิกผ่านชั้นนี้คือ SEN เพื่อให้บริการต่างๆและผู้ใช้



ภาพที่ 22 Concept of SEN and AIPN

VOLTE AND OTT VOIP COMPARISON

เมื่อเทียบกับวิธีการของ volte ซึ่งถูกกล่าวถึงส่วนก่อนหน้านี้การแก้ปัญหา OTT VoIP ให้บริการของเขาโดยเพียงแค่ใช้เครือข่ายหลักให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของข้อมูลการทำงานการขนส่ง (เช่นโครงสร้างพื้นฐาน AIPN) ยังให้การประสานงานบริการระหว่างบริการต่างๆ เช่น เสียง วิดีโอ Instant Messaging, และอื่น ๆ File Transfer, แต่เหล่านี้การจัดตรียมบริการจะดำเนินการนอกเช่นโดเมนบริการโทรศัพท์มือถือของ เซิร์ฟเวอร์บนอินเทอร์เน็ต เป็นต้น/ ประโยชน์มากที่สุดแก่ผู้ประกอบการในการให้ Volte ก็คือว่ามันช่วยให้การขยายตัวของรูปแบบธุรกิจในปัจจุบันและระบบ

นิเวศโดยการให้บริการภายในแพลตฟอร์มเครือข่ายของตนเองผลประโยชน์นี้ยังใช้เพื่อประโยชน์ของผู้ใช้ที่เปิดใช้งานพวกเขาอย่างสม่ำเสมอในการใช้

บริการและการชุมนุมใหม่ในโครงสร้างพื้นฐานที่จัดตั้งขึ้นอย่างเต็มที่/จากจุดทางเทคนิคของมุมมองต่อไปนี้เป็นข้อได้เปรียบบางอย่างเพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้งานของ volte มากกว่า OTT VoIP

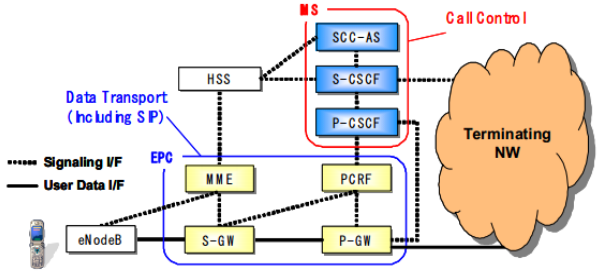
- ประสานงานระหว่างบริการที่มีมูลค่าเพิ่มต่างๆจะเป็นไปได้ภายในเครือข่ายผู้ประกอบการ
- ความสามารถในการดำเนินการโทรฉุกเฉิน
- ความสามารถในการรับประกันอัตราบิตพอที่จะรองรับการให้บริการเสียงที่มีคุณภาพสูง

CONCEPT OF VOICE CALL CONTINUITY

กลไกสำหรับโดเมนสาย handover จาก Volte ไป CS เครือข่ายที่เรียกว่า VCC เรามีสมมติฐานว่าอุปกรณ์ไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงวิทยุ LTE และ 3G/2G พร้อมกันเนื่องจากศักยภาพของการรบกวนและผลกระทบยังพิจารณาในแบตเตอรี่ ดังนั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง UE (อุปกรณ์ผู้ใช้) ได้รับอนุญาตเข้าถึงเพียงด้านใดด้านหนึ่งวิทยุที่ขณะ บนสมมติฐานนี้โดเมนเสียงส่งกลไกที่ถูกสร้างขึ้นนี้เป็น SRVCC ผลงานหลักของเราในการศึกษาและด้านเทคนิคเป็นเป้าหมายที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานนี้ SRVCC เพราะธรรมชาติของ one radio เป็นเปิดใช้งานเพื่อเข้าถึงผู้ใช้มีความท้าทายทางเทคนิคจำนวนมากต้องได้รับการแก้ไข แท้จริงเราได้ดำเนินการเพื่อลดกลไกล่าช้าของ HO ก่อนที่มันจะไปในเชิงลึกของการเพิ่มประสิทธิภาพของ SRVCC ให้เราทบทวนบางภูมิหลังทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องในส่วนต่อไป

NETWORK ARCHITECTURE SUPPORTS VOLTE

ส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่า volte คือการประสานงานระหว่างการเคลื่อนย้าย Inter-Radio,การขนส่งแพ็กเก็ต IP สำหรับ SIP สัญญาณเสียงและสื่อใน EPC,และขั้นตอนการควบคุมการโทรระหว่าง IMS และผู้ใช้

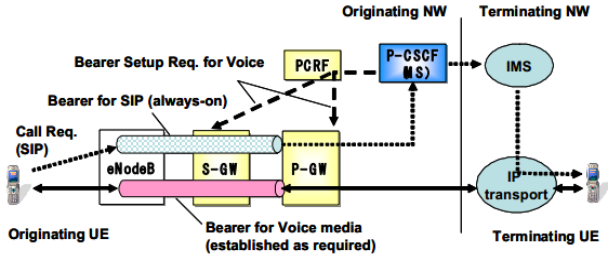


ภาพที่ 23 General IMS & EPC Architecture

รูปที่ 23 แสดงสถาปัตยกรรมเครือข่ายสำหรับ volte IMS ประกอบด้วย Proxy-Call Session Control Function (P-CSCF) Serving-Call Session Control Function (S-CSCF) และ Application Server (AS) ในภาพที่ 23, SCC-AS (Service Centralization and Continuity Application Server) ซึ่งมีการถ่ายโอนจากเซสชั่น Volte ไป CS เครือข่าย/ P-CSCF ให้ฟังก์ชันการทำงานในพร็อกซี่ IMS และถ่ายทอดมันควบคุมการส่งสัญญาณระหว่าง IMS ผู้ใช้และ S-CSCF S-CSCF ดำเนินการควบคุมการโทรและการประสานงานที่สำคัญระหว่างผู้ให้บริการ AS เป็นแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้บริการต่างๆในฐานะตัวแทนจาก SCC-AS

EPC ประกอบด้วย Entity การบริหารจัดการคล่องตัว (MME) ให้บริการ Gate Way (S-GW) Packet ทางข้อมูลเครือข่าย Gate Way (P-GW) นโยบายและฟังก์ชั่นการชาร์จกฎ (PCRF)/ MME เป็น entity ซึ่งจัดการการเคลื่อนไหวของผู้ใช้และมันจะควบคุมการขนส่งเส้นทางข้อมูลคือ "ผู้รับ" การสร้างและการปรับเปลี่ยนระหว่าง S-GW และ eNodeB (สถานีฐานสำหรับ LTE)/ S-GW เป็นแพ็กเก็ตของผู้ใช้สลับ entity ซึ่งเอื้อเครือข่ายวิทยุ LTE และมันลำเลียงแพ็กเก็ตจาก / P-GW / P-GW เป็น Gate Way สู่เครือข่าย IP ภายนอก (ข้อมูลแพ็กเก็ตเครือข่าย) และมันยังกำหนดที่อยู่ IP ผู้ใช้ / PCRF เป็น entity ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมนโยบายเช่น QoS การจัดการและ charging และมันโต้ตอบทำงานร่วมกับ SGW และ P-GW/ นอกจาก EPC และ IMS, HSS (Home Subscriber Server) ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลการสมัครสมาชิกและให้ข้อมูลการสมัครใช้บริการที่เกี่ยวข้องกับการ MME, SCC-AS, และ S-CSCF

ดังกล่าวข้างต้นเพื่อให้ Volte, ปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดตลอดงานระหว่างระบบ IMS และ EPC/โดยเฉพาะอย่างยิ่ง IMS ให้การควบคุมการโทรและ IMS แล้วขอ EPC เพื่อให้ทรัพยากรผู้รับและ QoS เป็นโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งสำหรับเซสชั่นเสียงสำหรับเฉพาะผู้ใช้/รูปที่ 3 แสดงภาพรวมของกลไกการโต้ตอบระหว่างเครือข่าย IMS และ EPC



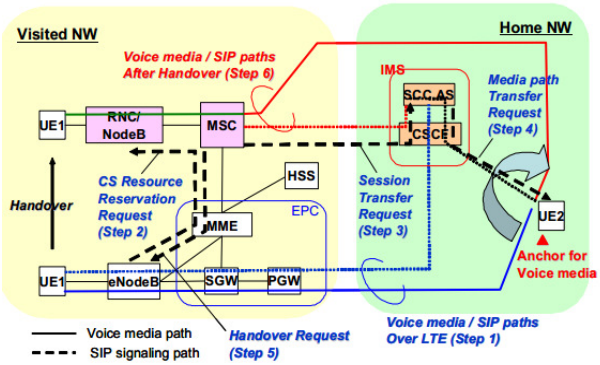
ภาพที่ 24 Interaction between IMS and EPC

เมื่อเชื่อมต่อกับผู้ใช้ EPC ผู้รับสำหรับ SIP (Session Initiation Protocol) การส่งสัญญาณที่จะจัดตั้งขึ้น/ ประการที่สองเมื่อผู้ใช้ส่งคำขอสำหรับช่วงเสียง, ข้อความ SIP จะส่งผ่านผู้รับสำหรับ SIP ส่งสัญญาณไปยัง PGW และจึงไป P-CSCF/เมื่อ P-CSCF ได้รับข้อความ SIP มันยังคงขั้นตอนการติดตั้งโทรกับ IMS terminating side,และในเวลาเดียวกันก็ขอให้ผู้ถือ PCRF เพิ่มเติมสำหรับการส่งสื่อเสียง/ PCRF ขอ PGW/S-GW เพื่อสำรองทรัพยากรที่จำเป็นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสื่อที่มีอยู่ในข้อความ SIP/ มี

ชื่อเสียงการควบคุมการโทร IMS พื้นฐานและกลไกการจัดตั้งผู้ถือตอนนี้เราจะอธิบายถึงการทำงานของ SRVCC ในส่วนต่อไป

SRVCC PROCEDURE (วิธี SRVCC)

รูปภาพที่ 25 แสดงสถาปัตยกรรมเครือข่ายและภาพรวมของขั้นตอนการ SRVCC แสดงให้เห็นการทำงานของ SRVCC / หากเครือข่าย SRVCC ประกอบด้วยหน่วยงานที่แสดงในรูปภาพที่ 2 กับ MSC (Mobile Switching Centre) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สลับที่สำคัญสำหรับ CS เครือข่ายและ RNC (วิทยุเครือข่ายการควบคุม / NodeB) ซึ่งเป็นองค์ประกอบเครือข่ายวิทยุ 3G/ เหล่านี้สำคัญที่ใช้ในหน่วยงาน ส่วนต่อไปนี้อธิบายภาพรวมของขั้นตอนการ SRVCC / ประการแรกเซสชั่น Volte ระหว่าง ผู้ใช้1 และ ผู้ใช้2 จะจัดตั้งขึ้นโดยใช้วิธีการที่อธิบายไว้ในส่วนก่อนหน้านี้



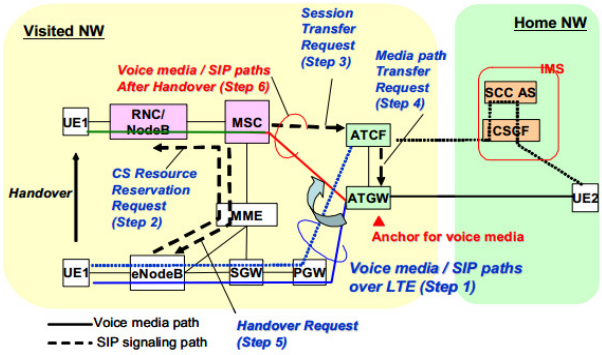
ภาพที่ 25 SRVCC Procedure

เมื่อเป็นเช่นนี้จะเสร็จสมบูรณ์สัญญาเสียงสามารถแลกเปลี่ยนโดยตรงระหว่าง UE1 และ UE2 (ขั้นที่ 1) จากนั้นเมื่อกำหนดว่า eNodeB UE1 ย้ายไป 3G จากจุดเด่นวิทยุเนื่องจากการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ eNodeB เริ่มขั้นตอนการ SRVCC โดยเฉพาะ eNodeB handover การร้องขอไปยัง MME และ MME ส่งคำขอไปยังสำรอง CS ทรัพยากรเพื่อ MSC ในด้าน UTRAN และในที่สุดก็ MSC สำรองทรัพยากร CS ระหว่าง RNC (ขั้นที่ 2) เมื่อ MSC และ RNC ได้รับทรัพยากรที่จำเป็นเพื่อรองรับเซสชั่นเสียงในด้าน CS UTRAN, MSC ส่งคำขอโอนเซสชั่นกับ SCC-AS เพื่อสลับไปเซสชั่น Volte CS โดเมนคือการ UTRAN (ขั้นที่ 3) แล้ว SCC-AS ส่งคำขอไปยัง UE2 เพื่อสลับปลายทางของเซสชั่นข้อมูล Volte (ในขั้นต้น PGW) ไปยัง MSC (ขั้นตอนที่ 4) ควบคู่ไปกับการตามขั้นตอนนี้ MSC บ่งชี้ความสมบูรณ์ของการจองทรัพยากร CS ไป Mme และ MME ส่งHandover ขอให้เจ้าหน้าผ่าน eNodeB (ขั้นที่ 5) เมื่อประสบความสำเร็จในสวิทช์ UE1 วิทยุจากไป 3G LTE UTRAN เส้นทางสำหรับ SIP สัญญาณด้วยสื่อเสียงจะถูกสร้างขึ้นระหว่าง UE2 และ MSC และตอนนี้เซสชั่นเสียงสามารถมั่นใจที่จะดำเนินการผ่านทาง MSC ให้ฟังก์ชั่น interworking ระหว่าง UE2 ตั้งอยู่ VoLTE leg และตั้งอยู่ UE1 leg ใหม่ CS (ขั้นตอนที่ 6)

ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น SRVCC ขั้นตอนการจองทรัพยากรระหว่างผู้รับ EPC และ CS เครือข่ายและยังโอนเซสชั่นใน IMS ในขั้นตอนนี้จุดทอดสมอสำหรับสื่อเสียงที่ UE2 และจุดทอดสมอสำหรับ SIP สัญญาณที่ SCC-AS ทั้งสองฟังก์ชั่นที่สำคัญสำหรับการ SRVCC แต่ตอนนี้เห็นเหล่านี้ในรูปที่ 4 คุณสมบัติที่สำคัญคือทั้งหมดใน "Home NW" นี่คือจุดโฟกัสที่เราจะไปปรับปรุงซึ่งรายละเอียดจะอธิบายในส่วนต่อไปนี้

ENHANCED SRVCC PROCEDURE

ใน SRVCC, SCC-AS ซึ่งมีฟังก์ชั่นในการถ่ายโอนโดเมนของเซสชั่นการร้องขออุปกรณ์ terminating (UE2) เพื่อสลับปลายทางของสื่อเสียง ดังนั้นขั้นตอนนี้มีปัจจัยความล่าช้าในการโอนพื้นฐานโดเมนเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดอุปกรณ์ (UE1) และยกเลิกอุปกรณ์ (UE2) ตั้งอยู่ในเครือข่ายที่แตกต่างกันเช่น ในสถานการณ์การสัญจร / เพื่อปรับปรุงปัญหานี้การเพิ่มประสิทธิภาพของ SRVCC (eSRVCC) จะถูกนำมาใช้ / นี่คือความท้าทายทางเทคนิคหลักและจุดการปรับปรุงสำหรับ eSRVCC ซึ่งจะช่วยให้ส่งของเซสชั่นเสียงโดย anchoring สื่อเสียงและ SIP สัญญาณภายในเครือข่าย "visited network" โดยไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานของด้านอุปกรณ์ terminating



ภาพที่ 26 Enhanced SRVCC (eSRVCC) procedure

ภาพที่ 26 แสดงสถาปัตยกรรมเครือข่ายและวิธีการ eSRVCC เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับ SRVCC สองหน่วยงานเพิ่มเติม ATCF (Access Transfer Control Function) และ ATGW (Access Transfer Gate Way) นำมาใช้ในหน่วยงานนอกเหนือไปจากก่อนหน้านี้แสดงในรูปที่ 4 ATCF และ ATGW ควรจะอยู่ในเครือข่าย visiting ของ UE1ATCF เป็น entity เพื่อยึด SIP สัญญาณและ ATGW เป็น entity เพื่อหยุด user-plane สื่อเสียงต้องการเปิดใช้งานการปรับปรุงประสิทธิภาพจาก eSRVCC, ATCF จะต้องมีการวางไว้บนเส้นทางการส่งสัญญาณ SIP ตำแหน่งนี้จะต้องทำในขั้นตอนการลงทะเบียน IMS ก่อนที่จะจัดตั้งเซสชั่นเสียง นอกจากนี้ข้อมูลที่จะระบุโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ATCF ถูกนำมาใช้ (ATCF Identifier) ถูกเก็บไว้ใน HSS เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการลงทะเบียน IMS และ MME ยังได้รับข้อมูลจาก HSS นี้

Switch Fall Back

คือ ตัดระบบเรดิโอบน LTE ไปก่อน แล้วทำการต่อสัญญาณใหม่บนระบบเดิมอย่าง 2G หรือ 3G อัตโนมัติ

Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC)

ช่วยให้การสื่อสารด้วยเสียงบน 2G/3G สามารถส่งต่อไปยัง LTE ได้อย่างต่อเนื่องในกรณีเคลื่อนที่ระหว่างเครือข่าย 2 ประเภทนี้ ผลลัพธ์ของมันคือช่วยให้โอเปอเรเตอร์ให้บริการเสียงได้ดีขึ้น ระหว่างเครือข่ายที่เป็น LTE กับ 2G/3G เดิม

Voice over LTE via Generic Access (VoLGA)

คือเปลี่ยนการสื่อสารด้วยเสียงโดยตรง ไปเป็น VoIP แล้วส่งบนเครือข่าย LTE อีกทีหนึ่ง

Native CS Service and its necessity

ตามปกติแล้วการโทรด้วยเสียงเสียงถูกริเริ่มขึ้นด้วยการโทรศัพท์พื้นฐานและการใช้ฟังก์ชันการทำงานของระบบสาธารณะ Switched Telephone Network อยู่แล้ว และเทคโนโลยีอาศัยสายในการเชื่อมต่อเครือข่ายเข้าด้วยกันกับศูนย์ Switching ต่อมาความก้าวหน้าในเทคโนโลยีระบบการสื่อสารโทรคมนาคมไร้สายได้นำเข้ามาแทนของโทรศัพท์แบบเดิม โดยถูกนำมาใช้ในระบบ PSTN, โทรศัพท์มือถือสามารถใช้การสื่อสารแบบไร้สาย

โดยผู้ใช้สามารถพูดในขณะที่เคลื่อนที่ได้ โดยระบบสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้เทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปเพื่อให้โทรด้วยเสียงจาก วงจร PSTN โดยใช้วงจรเทคโนโลยี circuit switched ระหว่างต้นทางและปลายทางโดยจะทำการจองไว้สำหรับระยะเวลาของการโทร วิธีการนี้ไม่ได้การแก้ปัญหาราคาแพง แต่ในเวลาเดียวกันนี้การทำงานได้มีประสิทธิภาพมากสำหรับการสื่อสารด้วยเสียงเนื่องจากคุณภาพของการบริการรับประกัน (QoS) และ latency ต่ำในระหว่างการสื่อสาร

แต่วิธีการนี้นำไปสู่ปัญหาของการสูญเสียทรัพยากรที่สงวนสำหรับระยะเวลาของการโทร ระบบ packet alleviates แก้ปัญหานี้โดยการทำลายข้อมูลเป็นแพ็กเก็ตที่มี ที่อยู่ต้นทางและปลายทางที่มีข้อมูลลำดับที่สามารถประกอบไปถึงปลายทางโดยใช้เทคโนโลยีเปลียนแพ็คเก็ตเป็นเสียง VoIP

บริการนี้ราคาถูกจริงๆเมื่อเทียบกับเทคโนโลยี circuit switched ที่สามารถใช้ร่วมกันในหมู่ผู้ใช้ แต่ยังคงเปิดวงจรโทรจะดีกว่าสายตาม VoIP เหตุผลง่ายๆคือความน่าเชื่อถือสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลด้วยโทรศัพท์ใน CS; สาย VoIP จะขึ้นอยู่กับบริการที่ดีที่สุดความพยายามและอาจมีการสูญเสียแพ็คเก็ตในช่วงแออัด อีกเหตุผลหนึ่งที่เป็น reutilizing ลงทุนขนาดใหญ่ทำแล้วใน PSTN เครือข่าย

packet switched เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากขึ้นสำหรับการจัดการข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตโพรโทคอมัลติมีเดียระบบย่อย (IMS) ได้รับการแนะนำเพื่อให้แน่ใจว่า QoS สำหรับบริการมัลติมีเดียต่าง ๆ รวมทั้งบริการเสียง VoIP และทำให้มั่นใจว่าคุณภาพการโทรด้วยเสียงอาจจะดีเท่า circuit switched

ข้อเสียของ IMS คือว่ามันคือการลงทุนสูงและผลประโยชน์ตัดไม่ชัดเจนของโปรแกรมที่มีอยู่ตามอินเทอร์เน็ต ดังนั้นการใช้งานในทางปฏิบัติ IMS ยังไม่เกิดขึ้น

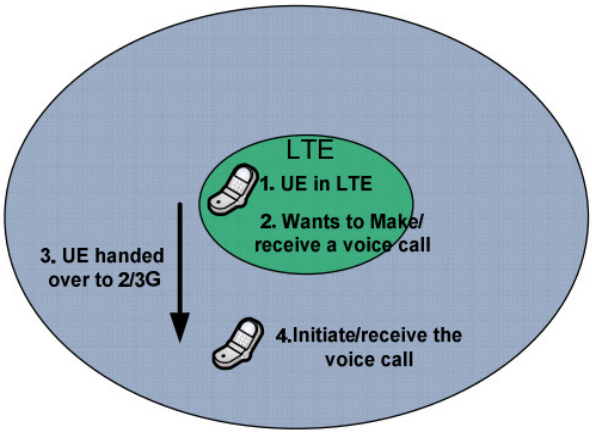
นี่คือสาระสำคัญในวิธีที่แตกต่างในการให้บริการเสียงสามารถให้เช่น CS มีความน่าเชื่อถือมากและมีอยู่แล้วโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ 2/3G ในสถานที่ VoIP โดยใช้ Skype เช่นบริการซึ่งเป็นตัวเลือกที่ราคาไม่แพงมากแต่ไม่มี รับประกัน QoS การให้บริการจาก IMS ซึ่งเป็นทางเลือกที่มีราคาแพงมากเริ่มต้นจากระบบ เช่น 2/3G สนับสนุนทั้ง CS และ PS โดเมน , โดเมน CS ถูกใช้สำหรับการโทรออกด้วยเสียงและโดเมนหลัก PS สำหรับการบริการส่งข้อมูล ด้วยการนำระบบ LTE ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ถึง 100 Mbps ประมาณอัตราข้อมูลบริการกลายเป็นสำคัญยิ่งขึ้นสำหรับมัลติมีเดียสตรีมมิ่ง, การประชุมและการกระจายเสียง คุณลักษณะที่หายไปกับ LTE เป็นที่สนับสนุนเฉพาะโดเมน PS และด้วยเหตุนี้ขาดการสนับสนุนพื้นฐานเสียงและบริการอื่นสำหรับ CS เช่น CS บริการข้อความสั้น (SMS) ทั้งสาย CS based และได้รับ SMS ทำให้เกิดรายได้หลักสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายและที่ขาดหายไปเมื่อทั้งสองคุณสมบัติจะเสียเปรียบที่ยิ่งใหญ่สำหรับทั้งผู้ใช้และผู้ประกอบการ กระดาษวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

CURRENT SOLUTIONS

- CS fallback
- SRVCC
- VoLGA
- Third party VoIP services like skype.

CS fallback

CS fallback solution ใช้โครงสร้างพื้นฐาน 2/3G มีอยู่ด้วยการมอบของเจ้าหน้าเพื่อ 2/3G เมื่อใดก็ตามที่ทำงาน LTE makes/receives a call [2] จำเป็นต้องให้ครอบคลุม LTE เป็นเสือนกับในการรายงานข่าว 2/3G สถาปัตยกรรมสำหรับ fallback CS แสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 CS fallback architecture

การแก้ปัญหาแนะนำอินเตอร์เฟซใหม่, SGS, ระหว่างองค์กรการจัดการ Mobility (MME) ใน LTE และแบบดั้งเดิมมือถือเปลี่ยนศูนย์ (MSC) ใน 2/3G จุดอ้างอิง SGS ใช้สำหรับการบริหารจัดการคล่องตัวและวิธีการเพจระหว่างบริการแพ็คเก็ตขั้นสูง (EPS) และโดเมน CS และอยู่บนพื้นฐานของอินเตอร์เฟซระหว่าง Gs บริการ GPRS สนับสนุนโหนด (SGSN) และ MSC

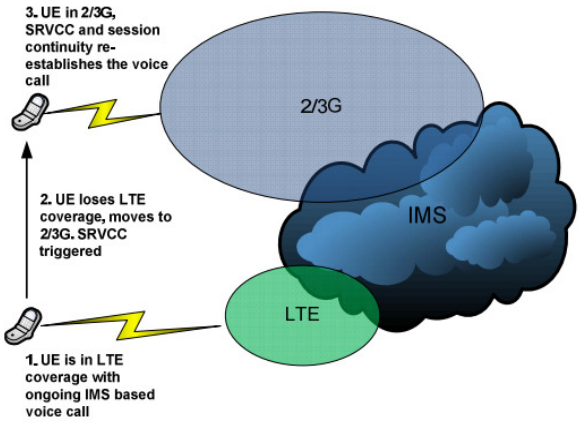
สำหรับการโทรด้วยมือถือเจ้าหน้าที่ขอ MME สำหรับการดำเนินการ fallback CS MME ในคำขอเปิดeNodeB เพื่อดำเนินการ fallback CS โดยการส่งข้อความการส่งสัญญาณที่เหมาะสม eNodeB เรียกระหว่าง Rat-ร่วมมือทาง 2/3G เป้าหมายและเจ้าหน้าที่ได้รับมอบคำสั่งการย้ายไปทางด้าน 2/3G การดำเนินเริ่มต้นที่โทรเสียงเมื่อถึงปลายทางเครือข่ายไร้สาย Access (UTRAN) / GPRS EDGE เข้าถึงเครือข่าย (GERAN) ด้าน ในขณะที่เจ้าหน้าเมื่อแหล่งที่มาด้าน LTE ก็อาจจะมีการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่องกับ PS อื่น ๆ นอกเหนือจากการเชื่อมต่อ PS สำหรับการโทร ผู้เชื่อมต่อ PS จะระงับหรือยังคงอยู่บนพื้นฐานความสามารถในการเซลล์ปลายทาง ทั้งสองกรณีที่ผู้ใช้จะพบการลด QoS สำหรับการโทรสายใน CS โดเมน MSC ได้รับข้อความที่โทรเข้ามาและส่งการร้องขอเพจไป MmeMME จะส่งคำขอเพจจิ้งเพื่อ eNodeB ซึ่งเริ่มส่งขั้นตอนการผู้ใช้ ผู้ใช้ ได้รับโทรศัพท์หลังจากที่ย้ายไปที่ด้านข้างเป้าหมาย 2/3G

วิธี fallback CS มีผลกระทบต่อผู้ใช้ eNodeB, MME แบบดั้งเดิม ผู้ใช้ MSC ควรจะสามารถเข้าถึงเครือข่าย LTE และ 2/3G พร้อมกันและควรจะสามารถที่จะดำเนินการรวม EPS/IMSI แนบคือแนบไปใน MME LTE เช่นเดียวกับในเครือข่าย MSC 2/3G MME ต้องทำงานเพิ่มเติมในการรักษาความสัมพันธ์ที่มีต่อ SGS MSC สำหรับ EPS/IMSI แนบผู้ใช้ นอกจากนี้ยังมีการจัดเพจเมื่อ MSC ได้รับการร้องขอเพจในเครือข่าย 2/3G MME ยังต้องการที่จะได้รับที่อยู่นายทะเบียนมีผู้เข้าชมจำนวน (VLR) จาก MSC ที่ติดต่อเมื่อผู้ใช้ ยึดติดกับเครือข่าย LTE และยังรักษาความพื้นที่ติดตามรายการอย่างเหมาะสม สำหรับ fallback CS MME มีการปรับปรุงพื้นที่รายการติดตามขั้นตอนการจัดสรรเพื่อให้รายการ TAI ไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่หลายตำแหน่งเหมือนการติดตามการจัดสรรพื้นที่รายการปกติMSC แบบดั้งเดิมต้องมีการเปลี่ยนแปลงเช่นรักษาสถานะที่แนบมารวมผู้ใช้ ผู้ใช้ และหน้ามากกว่า SGS สมาคมเมื่อมีการร้องขอเพจสำหรับการโทรเข้ามา ที่ได้รับสำหรับผู้ใช้ ใน LTE eNodeB ยังต้องการการปรับปรุงสำหรับการส่งต่อการร้องขอ CS เพจผู้ใช้ กำกับให้หนูเป้าหมายและอำนวยความสะดวกการจัดการพื้นที่ติดตาม

SRVCC

SRVCC คือโซลูชั่น IMS ตามที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงแบบดั้งเดิม MSC, MME and
the UE [3]. เงื่อนไขสำหรับการแก้ปัญหา SRVCC คือผู้ใช้ ควรได้ริเริ่มสายใช้ IMS ในการรายงานข่าว LTE และแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้สำหรับการถ่ายโอนเซสชั่น IMS ควรจะได้รับการแนะนำในเส้นทางการส่งสัญญาณระหว่าง IMS เสียงจัดตั้งเซสชั่นการโทร ขั้นตอนนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นที่รู้จักกันทอดสมอโทรในแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ สถาปัตยกรรมสำหรับการแก้ปัญหา SRVCC ดังในภาพที่ 28

วิธีการแก้ปัญหาที่ใช้เป็นการผสมของขั้นตอนการส่งมอบการเข้าถึงเครือข่ายที่และขั้นตอนต่อเนื่อง IMS เซสชั่นที่ IMS ผู้ใช้ แสดงความสามารถในการที่จะ SRVCC MME ระหว่างขั้นตอนการบริหารจัดการซึ่งจะให้ 'การดำเนินการที่เป็นไปได้ SRVCC' ชี้ยัง eNodeB เมื่อใดก็ตามที่มีความสามารถ SRVCC ผู้ใช้ จะสูญเสียเครือข่าย LTE, eNodeB ตรวจพบและเรียกมันส่งขั้นตอนต่อ MME สนับสนุนอินเตอร์เฟสใหม่สู่เซิร์ฟเวอร์ MSC เพิ่มสำหรับ SRVCC และส่งต่อ SRVCC ส่งคำขอไปยังเครือข่าย 2/3G เป้าหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์ MSC ทำหน้าที่เป็นฟังก์ชั่น interworking (IWF) และเตรียมความพร้อมด้านเป้าหมายสำหรับมอบ ในแบบคู่ขนานกับการเตรียมเป้าหมายก็ยังก่อให้เกิดการโอนย้ายเซสชั่นที่รวบอำนาจการบริการและแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ต่อเนื่อง (SCC AS)เตรียม 2/3G เป้าหมายเสร็จสมบูรณ์และเครือข่ายหลักจะดำเนินการมากกว่ามือของเจ้าหน้าไปที่ด้านข้างเป้าหมายโดยการส่งคำสั่งส่งยังโอนเซสชั่น IMS จะเสร็จสมบูรณ์ในแบบคู่ขนาน

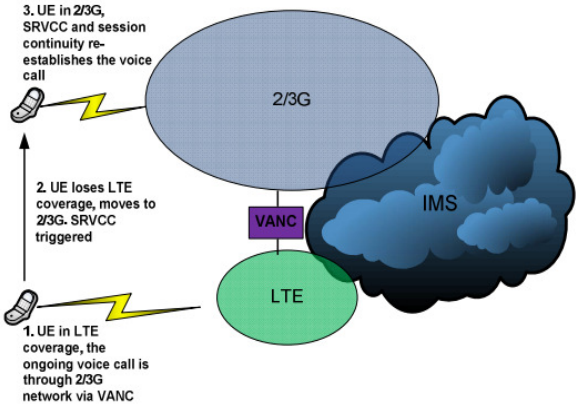


ภาพที่ 28 Single Radio Voice Call Continuity procedure

วิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ เพื่อส่งสัญญาณ 'ความสามารถในการ SRVCC' ที่มีต่อเครือข่ายและการบำรุงรักษา CS ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดทำข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับปลายทางการวิ่งและ SRVCC ร่วมมือ MME แยกผู้ใช้เสียงจากผู้ใช้บริการอื่น ๆ และยังเป็นการส่งสัญญาณเซิร์ฟเวอร์ MSC เกี่ยวกับ SRVCC ส่งMSC กระทำเช่นเซิร์ฟเวอร์ดับเบิลยูและมรดก MSCs ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพหรือเซิร์ฟเวอร์ MSC ใหม่เองสามารถใช้งาน

VoLGA

Voice over LTE ทั่วไปจะขึ้นอยู่กับมาตรฐาน GAN [4] ซึ่งถูกใช้อยู่แล้วโดยผู้ให้บริการการ [7] ผู้ให้บริการเหล่านี้ใช้ GAN มาตรฐาน 3GPP เพื่อขยายการบริการโดยใช้โทรศัพท์มือถือโหมด dual ซึ่งสามารถเข้าถึงบริการ 3G Wifi ได้ดีกว่า ความคิด GAN คือการแนะนำเกตเวย์ระหว่างเครือข่าย Wifi และ 3GPP ซึ่งจะโอนสัญญาณระหว่างเครือข่าย 3GPP เพื่อความต่อเนื่อง สถาปัตยกรรมที่เหมาะสำหรับ LTE แสดงในรูปภาพที่ 29



ภาพที่ 29 Architecture for VoLGA

Using services like skype

นอกเหนือจากทั้งหมดแก้ปัญหาข้างต้นอีกวิธีหนึ่งที่ง่ายเพื่อให้บริการเสียงผ่านสาย LTE คือการใช้บุคคลที่สามให้บริการ VoIP เช่น Skype ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปยังเครือข่ายที่ไม่มีขั้วและ ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดแอปพลิเค VoIP และใช้มากกว่าที่มีอยู่การเชื่อมต่อข้อมูล LTE

1) Pros and Cons for CS fallback:

วิธี fallback CS มีประโยชน์ที่ผู้ประกอบการสามารถใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานของพวกเขา 2/3G มีอยู่เพื่อให้การโทรเสียงผ่าน LTE ปัญหาหลักด้วยวิธี fallback CS เป็นเพิ่มขึ้นเพิ่มเติมในการเรียกตั้งค่าเวลา นี้เป็นเพราะร่วมมือกับ 2/3G สำหรับการเริ่มต้น / รับสาย, ประสบการณ์การใช้ย่อยสลายจึง และมันไม่ได้เป็นเพียงสำหรับการโทรเริ่มต้น; ขั้นตอนจะต้องมีการทำซ้ำสำหรับสายเดียวทุก ปัญหาเกี่ยวกับการแก้ปัญหา fallback CS ก็คือว่าเวลาที่ผู้ใช้เริ่มต้น / รับสายทุกผู้ใช้ จะต้องส่งไป 2/3G และผู้ใช้จะเห็นสูญเสียใน QoS ของการเชื่อมต่อที่มีอยู่ PS ข้อมูลนอกเหนือจากเสียง เลวยังถ้าเป้าหมายคือการได้โดยไม่ต้อง GERAN พร้อมกัน CS และสนับสนุนโดเมน PS, ไม่มีบริการข้อมูลที่สามารถได้รับในช่วงสาย การแก้ปัญหาต้องใช้โปรแกรมปรับปรุงแบบดั้งเดิม MSC ซึ่งไม่ได้เป็นอย่างดีจากผู้ให้บริการจุดของมุมมองเป็นปรับปรุง MSC ไม่ตรงไปตรงมาและมีราคาแพงมาก

2) Pros and Cons for SRVCC

ความได้เปรียบของ SRVCC เทียบกับ fallback CS ก็คือว่ามันจะถูกเรียกเฉพาะเมื่อผู้ใช้ จะสูญเสียการครอบคลุมจาก LTE จึงใช้ประสบการณ์การสูญเสียใน QoS สำหรับการเชื่อมต่อข้อมูลอื่น ๆ เฉพาะเมื่อผู้ใช้ เริ่มสูญเสียความคุ้มครอง SRVCC ได้รับการสนับสนุนโดยผู้ให้บริการการและอุตสาหกรรมโดยรายละเอียด IMS 'หนึ่งเสียง' ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้บรรลุข้อตกลงที่จะใช้เสียงและ SMS บนพื้นฐานของมาตรฐานที่มีอยู่ Voice over ข้อกำหนดรายละเอียด IMS [8] ยัง Voice over LTE ริเริ่มโดย GSMA ให้การสนับสนุนการแก้ปัญหา SRVCC บนมืออื่น ๆ

ข้อเสียเปรียบของการแก้ปัญหา SRVCC ก็คือว่ามันจะขึ้นอยู่กับ IMS ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาค่าใช้จ่ายสูงและซับซ้อนและมันจะใช้เวลานานก่อนที่จะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ที่มีขนาดใหญ่ IMS สามารถใช้ได้ หากมีการปรับใช้ LTE เป็นเพียงสิ่งเล็กมากในขั้นต้นแล้ว SRVCCการดำเนินการอาจจะมีการเรียกบ่อยมาก

3) Pros and Cons for VoLGA

ประโยชน์ที่ใหญ่ที่สุดของ Volga คือ ผู้ใช้ สามารถเข้าถึงเสียงโดยใช้ CS โดเมนและบริการข้อมูลโดยใช้ LTE พร้อมกันเหมือน fallback

CS ซึ่งต้องร่วมมือกับ 2/3G made/received มัน reutilizes โครงสร้างพื้นฐาน CS ปัจจุบันโดยไม่ต้องเพิ่มเวลาการติดตั้งสาย มันไม่ได้ส่งผลกระทบต่อโหนดเครือข่ายหลักที่มีอยู่เช่น MME, SGSNs หรือ MSCsการแก้ปัญหา VOLGA ไม่ได้เป็นเพียงสำหรับโทรเสียง แต่ยังรวมไปถึงวงจรอื่นๆ เช่น SMS

ปัญหากับ VOLGA ก็คือว่ามันไม่ได้ถูกนำไปใช้และได้มาตรฐานโดย 3GPP ที่สำคัญที่สุดของ ผู้ให้บริการไม่ได้แสดงความสนใจมัน งานยังคงต่อเนื่องสำหรับโวลก้าและจะต้องขั้ว GAN ยังมีความสามารถใน SRVCC สำหรับความต่อเนื่องสาย โซลูชั่นสำหรับการสื่อสารเป็นตัวปัญหาเพราะการสนับสนุนการโรมมิ่งเครือข่าย visited ยังต้องการที่จะปรับใช้ VANCs เพิ่มเติมเพียงแค่สำหรับการสนับสนุน UES โรมมิ่ง แน่นอนแก้ปัญหาต้องการโหนดเครือข่ายใหม่เช่น Vanc

4) Pros and Cons for third party VoIP solutions like skype

นี้เป็นทางออกที่ง่ายมากกับไม่มีค่าใช้จ่ายเสริม / น้อยมากสำหรับผู้ประกอบการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการที่ไม่ได้มีเครือข่ายเดิมสำหรับ fallback CS หรือ VOLGA เช่นโซลูชั่นและผู้ที่ไม่ต้องการลงทุนใน IMS ทั้งในขณะ มันรวดเร็วในการเริ่มต้นมีผลกระทบต่ออย่างไม่มีที่ terminal หรือโหนดเครือข่าย บนมืออื่น ๆ

การแก้ปัญหาไม่ได้รับประกัน QoS ความต่อเนื่องในโทรเสียงไม่สามารถมั่นใจเมื่อผู้ใช้ ย้ายออกของ LTE ซึ่งอาจจะร้ายแรงมากถ้าพื้นที่ LTE มีขนาดเล็ก

ผู้ให้บริการที่แตกต่างกันมีแผนการใช้งานที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น LTE ผู้ให้บริการบางส่วนแล้วมีโครงสร้างพื้นฐาน 2/3G และวางแผนที่จะปรับใช้ LTE ในพื้นที่ขนาดเล็กซ้อนกับการใช้งาน 2/3G ผู้ให้บริการบางคนอาจมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็น IMS ทางออกสุดท้ายสำหรับการให้บริการมัลติมีเดียที่อุดมไปด้วยในอนาคตถึงแม้พวกเขามีพื้นฐานเครือข่าย 2/3G บนมืออื่น ๆ ผู้ประกอบการบางอาจปรับใช้อีกครั้งพร้อมกับ LTE IMS การใช้งาน ผู้ให้บริการดังกล่าวขาดแบบดั้งเดิมวงจรใด ๆ สนับสนุน switched ชุดของผู้ประกอบการอื่นเพียงอาจปรับใช้ LTE โดยไม่ต้องแบบดั้งเดิม 2/3G หรือสนับสนุน IMS บาง ผู้ให้บริการยังมีการใช้งานที่มีอยู่

การแบ่งกลุ่ม Algorithm

ตารางแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้าน Algorithm

ลำดับ	Paper	AMR	AML	CAC	ROHC
1	Adaptive Multi Lane Technique For LTE Radio Access VoIP	√	√		
2	Optimized Adaptive Multi Lane technique For LTE radio access VoIP	√	√		
3	Qos based call admission control and resource allocation mechanism for LTE femtocell deployment	√		√	
4	Vice –over-IP Performance in UTRA Lang Term Evolution Downlink	√			√
5	Mobile VoIP User Experience in LTE	√	√		√

ตารางที่ 9 แสดงการแยกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้าน Algorithm

AML (Adaptive Multi Lane)

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลจากปกติระบบ 2 เลนในการส่งข้อมูลเป็นระบบ 4 เลน ระยะเวลาของแพ็กเก็ตจะมีหน่วยเป็น time/ms ความล่าช้าระหว่างเลนในการส่งข้อมูลมีความยาวเท่ากับ Time/4ms

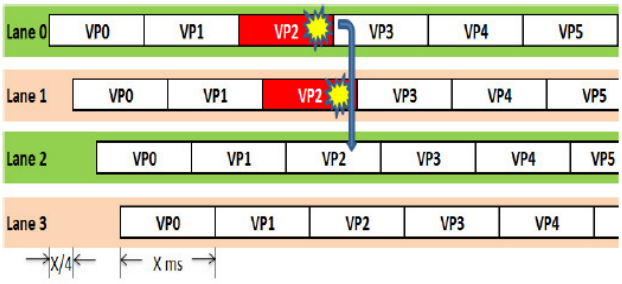
AMR (Adaptive Multi Rate)

ไฟล์เสียงมาตรฐานที่อุตสาหกรรมการสื่อสารไร้สายยอมรับเป็นที่นิยมใช้ไฟล์เสียงในรูปแบบ AMRที่มีการรองรับการบริการ MMS (Moblie Mobility Service) ซึ่ง AMR จะเป็นไฟล์ฟอร์แมทเสียงที่ใช้กับการบริการ MMS

Optimized Adaptive Multi Lane Technique อธิบายมาตรฐาน LTE ได้ยกเลิกCircuit switched domain เครือข่ายโทรศัพท์มือถือรุ่นต่อไปลงในระบบทั้งหมดเป็น IP และ VoIP ซึ่งเป็นวิธีเดียวที่จะส่งเสียง แม้จะมีตัวแปลงสัญญาณที่ได้รับการพัฒนา VoIP กันดีสำหรับการใช้งานอินเทอร์เน็ต, ตัวแปลงสัญญาณเหล่านี้จะไม่ได้รับการออกแบบเพื่อปรับให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขช่องสัญญาณเช่นในกรณีของอัตราพื้นฐานปรับได้หลาย (AMR) ตัวแปลงสัญญาณ กับที่เสนอที่ปรับเปลี่ยนได้หลายวิธีเลน (AML), ระบบคือ 1, 2 หรือ 4 เลนของเฟรมในแบบคู่ขนานตามเงื่อนไขช่องสัญญาณ แต่ละเลนมีความล่าช้าในเฟรมที่แตกต่างเพิ่มความน่าจะเป็นเศษส่วน

ในรายงานนี้ นี้ AML สถานการณ์จำลองเทคนิคถูกสอบสวนต่อไปโดยการทดลองผลพารามิเตอร์ที่แตกต่าง 'เล็งสำหรับการเลือกการตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุด เหล่านี้รวมถึงอัตราแปลงสัญญาณช่วงเวลา packet เสียงและความล่าช้าสำหรับเสียงของทั้งชายและหญิง คุณภาพเสียงที่วัดค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็น (MOS) ที่มีอยู่แล้วประเมินผล

แสดงให้เห็นว่าโดยการปรับใช้การตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม AML 'กับ LTE VoIP ตัวแปลงสัญญาณที่ได้รับคุณภาพเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพถึง 50% MOS เมื่อเทียบกับรูปแบบเส้นทางมาตรฐานเดียว



ภาพที่ 30 The AML System

ในการจำลองการใช้ ทำจากสภาพแวดล้อมการจำลองเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง OMNET + + version 4.1 โดยใช้ INET framework and VoIP tool 2.0 [8] ในการจำลอง VoIP เครื่องมือ 2.0 ได้รับการแก้ไขในการ

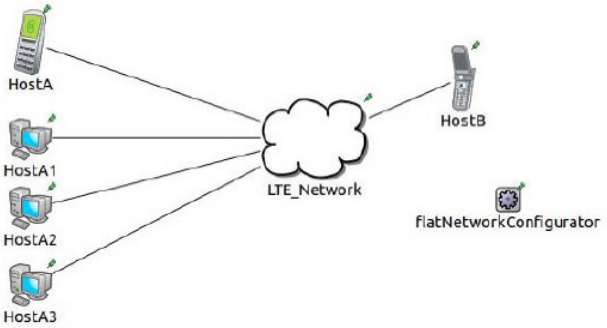
ดำเนินการขั้นตอนวิธีการ AML ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็น (MOS) ถูกประเมินแล้วโดยอัลกอริทึม ITU มาตรฐาน - PESQ

ภาพที่ 30 แสดงโครงสร้างเครือข่ายจำลอง เจ้าภาพ A1, A2 และ A3 เป็นตัวแทนของปลายทางแหล่งที่มีถึงสี่ช่องสัญญาณ Host B เป็นสถานีอ่างที่อัลกอริทึม AML จะดำเนินการ การเชื่อมโยงจากโฮสต์โหนดไปยัง LTE_Network โหนดจะรวมความล่าช้าช่อง L * x / 4 ms ที่

x คือระยะเวลา packet เสียง

L คือ HostA เลนที่สอดคล้องกัน

จำนวน LTE-Network ประกอบด้วยแฝงเครื่องบินของผู้ใช้ 5ms อย่างไรก็ตามที่แสดง flatNetworkConfigurator เป็นผู้รับผิดชอบสำหรับการเริ่มต้นโหนดโดยอัตโนมัติและกำหนดที่อยู่ของ IP



ภาพที่ 31 Simulation Topoplogy

ทฤษฎี

จาก simulated ได้ความแตกต่างของ พารามิเตอร์ต่อไปนี้

1. อัตราแปลงสัญญาณเสียงอยู่ที่ 16 และ 24kbps
2. แพ็คเก็ตเสียงช่วงเวลา 80, 20 และ 60ms
3. ความล่าช้าของเลน 2, 5 และ 15ms

ผลที่ได้รับ

ขั้นแรกอธิบายสถานการณ์สมมติที่สามและพารามิเตอร์ถูกจำลองภายใต้อัตราความผิดพลาด Packet ตัวแปรตั้งแต่ 0 ถึง 35%, กับ lane 1, 2 และ 4 สำหรับบอกกล่าวทั้งชายและหญิง คุณภาพเสียงพูดคำบอกกล่าวที่เกิด 'คะแนน MOS วัตถุประสงค์ถูกเก็บรวบรวมและวางแผนสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

Error rate	1Lane	1Lane	2Lane	2Lane	2noLag	2noLag	2noDelays	2noDelays	4Lane	4Lane	4noDelays	4noDelays	4noLag	4noLag	Improv.	Improv.
0%	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	0%	0%
5%	3.027	2.68	3.371	3.577	3.371	3.577	3.975	3.661	3.789	3.158	4.023	4.038	3.798	3.158	31%	37%
10%	2.249	2.898	2.855	2.329	2.862	2.338	3.267	2.798	3.648	3.158	3.996	3.09	3.648	3.158	45%	-3%
15%	2.019	1.585	2.516	1.99	2.18	2.01	2.8	2.316	3.264	2.481	3.434	2.951	3.264	2.481	39%	46%
20%	1.753	1.489	2.08	2.181	2.487	1.849	2.035	2.428	3.019	2.776	3.2	2.911	2.658	2.554	16%	63%
25%	1.652	1.394	2.358	1.607	2.29	1.899	2.313	1.688	2.314	2.691	3.021	2.903	1.96	2.265	40%	111%
30%	1.424	1.294	2.435	2.168	3.05	2.233	2.432	2.085	2.142	2.433	2.808	2.676	2.054	2.14	97%	107%
35%	1.411	1.252	2.337	2.156	1.209	1.9	1.697	2.183	2.061	1.892	2.633	1.997	2.543	1.817	87%	60%
														ค่าเฉลี่ย	44%	52%

	ชาย
	หญิง

ตารางที่ 10 AML IMPROVEMENT

Adaptive Multi Lane Technique For LTE Radio Access VoIP อธิบายถึงการเข้าถึงเทคนิคการเข้าถึงช่องทางวิทยุ novel ออกแบบมาสำหรับ LTE ตัวแปลงสัญญาณ VoIP ในรุ่นก่อนหน้า 3GPP วงจรปรับเปลี่ยนอัตรา (AMR) ตัวแปลงสัญญาณเสียงแบบหลายได้รับการพิสูจน์ประสิทธิภาพการทำงานภายใต้เงื่อนไขสถานีวิทยุที่แตกต่างกันมาตรฐาน 3GPP LTE รุ่น 8 วงจรสลับโดเมนถูกยกเลิกทำให้ระบบ LTE all IP และดำเนินการด้วยเสียงวิธีเดียวคือ VoIP แม้จะมีตัวแปลงสัญญาณ VoIP ที่ได้รับการพัฒนาสำหรับการใช้งานอินเตอร์เน็ตตัวแปลงสัญญาณเหล่านี้จะไม่ได้รับการออกแบบเพื่อปรับให้เข้าตามเงื่อนไขสถานีวิทยุเช่นเดียวกับในกรณีของ AMR ด้วยวิธีการใหม่ที่ปรับเปลี่ยนเป็นหลายเลน AML คือระบบ 1 กระแส 2 กระแส หรือ 4 กระแสเลนของเฟรมเสียงในแบบคู่ขนานตามเงื่อนไขสถานีวิทยุ แต่ละเลนจะมีความล่าช้าในการพูดที่แตกต่างกัน เทคนิค AML ได้รับการสร้างแบบจำลองจาก OMNET++ ver4.1 รวมทั้งเฟรม INET และส่วนขยายเครื่องมือ VoIP เครื่องมือในการดำเนินการแก้ไขขั้นตอนวิธีการเลือกช่องทางคุณภาพเสียงของ VoIP ผลที่ได้รับการประเมินโดยใช้ ITU P.862 PESQ ผลการจำลองแสดงการปรับปรุงในการอ่านค่าเฉลี่ย PESQ MOS เกินกว่า 44% เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบเส้นทางเดียว สรุปได้ว่า AML เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของตัวแปลงสัญญาณ VoIP ในระบบเซลลูลาร์

เทคนิคการปรับช่องทางมีความสำคัญสำหรับแบบไดนามิกที่เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมวิทยุระบบเซลลูลาร์ ผลที่ได้คือชัดเจนมากขึ้นสำหรับการใช้งานในเวลาจริงเช่น บริการเสียง

ในอดีตวงจรสลับที่แบนด์วิดธ์ช่องทางเสียงได้รับการแก้ไขและจำกัดการพูดเข้ารหัสปรับใช้ในอัตราที่เหมาะสมด้วยแบนด์วิดธ์แบบ 16 kbps ภายใต้เงื่อนที่แตกต่างกันช่องทางตัวแปลงสัญญาณเสียงพูดจะปรับอัตราบิตการอนุญาตให้การแทรกบิตแก้ไขและป้องกัน นี่คือแนวคิดที่เป็นข้อเสียในการปรับเทคนิคให้ Multi-Rate AMR สำหรับเปลี่ยนวงจร GSM และ UMTS ระบบเซลลูลาร์

LTE ในรุ่น 8 และ 9 ได้แสดงถึงความเร็วของบอร์ดแบนด์ไร้สายที่ไม่เคยมีมาก่อน 170Mbps ใช้ 2x2MIMO กว่าช่องแบนด์วิดธ์ 20MHz ได้พิสูจน์แล้วยังมีความล่าช้าผู้ใช้เครื่องบินในช่วง 5 ms ระบบเสียงใน LTE เป็นหนึ่งในบริการที่สำคัญที่สุดจะต้องมีการดำเนินการผ่าน Internet Protocol ตลอดเวลานี้อยู่ในแพ็คเก็ตสวิตช์โดเมน ตัวแปลงสัญญาณ VoIP ใหม่ที่เฉพาะเจาะจง เช่น iLBC SILK Skype ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า AMR สำหรับอินเตอร์เน็ต VoIP แต่ตัวแปลงสัญญาณเหล่านี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อปรับตามเงื่อนไขของระบบเซลล์สถานีวิทยุในกรณีของ AMR

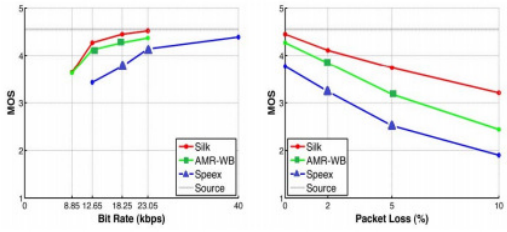
ในบทความนี้ศึกษาถึงผลกระทบของเสียงสตรีมมิ่งในเลนคู่ขนานกับความล่าช้าการเพิ่มของโทรศัพท์มือถือการเดินทางออกของสัญญาณการปรับเพิ่มและลดเลขของ AML และความล่าช้าตามเงื่อนไข และช่องแบนด์วิดธ์สำหรับการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม

สภาพแวดล้อมคลื่นวิทยุเป็นแบบไดนามิกความเร็วแตกต่างกันสะท้อนช้าสัญญาณหายและรวดเร็วระหว่างสัญญาณรบกวนรู้จักกันดีใน

ระบบ 2G ดิจิตอล การส่งสัญญาณ VoIP เช่นเดียวกับในกรณี TTI ไม่คำนึงเงื่อนไขการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ สถานีที่เคลื่อนที่ไม่อนุญาตให้รับ สัญญาณจุ่ม ซึ่งเพิ่มการจัดเรียงความล่าช้าระหว่างแพ็กเก็ต VoIP การควบคุมกระแสข้อมูลตามเงื่อนไขวิทยุมีความซ้ำซ้อน

AML Algorithm

ระบบ 4 เลนจะนำเสนอที่นี่ในลักษณะทั่วไปสำหรับระยะเวลาแพ็คเก็ต คือ x ms ความล่าช้าที่แนะนำระหว่างเลนยาวเป็น x / 4 ms อนุญาตให้โทรศัพท์ออกจากสถานีก่อนที่จะถึงแพ็กเก็ตที่ซ้ำซ้อน ระบบ 2 เลนสามารถทราบถึงอย่างง่ายโดยจะปิดเลนที่ 1 และเปิดเลนที่ 3 เพื่อส่งดังรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงระบบ 4 เลนกับความล่าช้าที่เกี่ยวข้องในกรณีของแพ็คเก็ตเสียง (VP) ที่หายไปอัลกอติทึมนี้จะเป็นการทดแทนการดึงข้อมูลอย่างเหมาะสมที่สุด จากนั้นระบบจะสลับเลนตามความเหมาะสมและยังคงอยู่จนแพ็กเก็ตที่หายไปถูกตรวจสอบอีกครั้ง



ภาพที่ 32 Skype SILK performance

ในกรณีของการตรวจสอบแพ็คเก็ตเสียงที่หายไป (VP) ในเลนกระแสปัจจุบันเป็นช่องทางที่ดีที่สุดเพื่อสลับไปยังอัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ประโยชน์แก่

- ช่องทางที่มีแพ็คเก็ตเสียงการทับหรือซ้อนกันเวลาสูงสุดการสูญเสียแพ็คเก็ตเสียง
- กรณีที่ 2 แพ็กเก็ตเสียงพบช่วงเวลาที่ทับซ้อนเหมือนกันกับข้อแรกในช่วงเวลาที่ได้รับการสนับสนุน

ดังภาพที่ 32 เลน 0 แพ็คเก็ตเสียงจะหายไปและแพ็คเก็ตเสียงจะทับกันหรือซ้อนกันสูงสุดในช่วงเลนที่ 1 ถัดไปเป็นเลนที่ 2 ของแพ็กเก็ตที่ 2 และเลนที่ 2 ของแพ็กเก็ตที่ 1 เลนที่ 2 แพ็คเก็ตที่ 2 เป็นส่วนที่ดีที่สุดในเวลานั้น

A QoS based call admission control and resource allocation mechanism for LTE femtocell deployment อธิบายปัจจุบันมีอัตราการเติบโตของ Femtocell จะนำไปสู่การเพิ่มขนาดของ voice traffic ที่กำลังแพร่กระจายผ่านการเข้าถึงบอร์ดแบนด์ เช่น เครือข่าย Digital Subscriber Line (DNS)

การรักษาคุณภาพของการโทรผ่านเครือข่ายและการจัดส่งคิวต่อ ตรวจสอบข้อจำกัดเรื่องทรัพยากรของ DSLAMs

ใช้รูปแบบจำลอง ITU-T สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของสายและอินเตอร์เฟสการแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างเครื่อข่ายแบบเคลื่อนที่ถาวร และปรับปรุงแบบไดนามิกและจำลองไปยังทรัพยากรของเครือข่ายผลลัพธ์ สามรถรักษาคุณภาพการโทรด้วยเสียงสูง

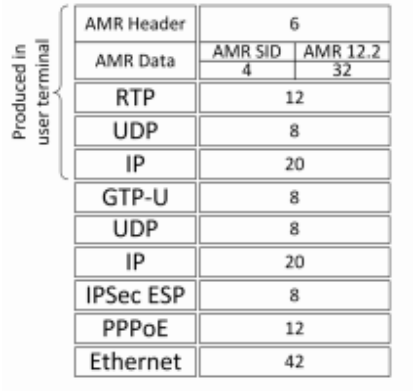
วิธีการดำเนินงาน

ใช้เครือข่ายการจัดการและการรวม femtocells และเพิ่มเติมเครือข่าย femtocell [1,2] ปัญหาการขยายความแออัดสามารถเกิดขึ้นเมื่อ femtocells มีจำนวนมาก เชื่อมต่อกับ DNS โดยเป็นการเชื่อมโยงแบบ backhaul เปิดใช้งานทั้ง QoS และ การควบคุมการโทร (CAC) และการเสนอแบนด์วิดธ์ต่อรองในการเชื่อมโยง hackhaul อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเหมาะกับการปรับใช้ SON สามารถเคลื่อนที่ด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ปรับปรุงตัวดำเนินการได้

ใน LTE HeNB ถูกกล่าวถึงเป็นการเชื่อมต่อทางบ้าน โดยเชื่อมต่อเกตเวย์ HeNBGW ผ่านบอร์ดแบนด์ของผู้ใช้ โดยการเชื่อมต่อ DSL ทั่วไป

Hackhaul เป็นสิ่งสำคัญในการทำงานวิจัยและปรับใช้จริงใน femtocell แม้ว่า femtocell จะส่งข้อมูลได้สองแบบ คือ เสียงและข้อมูล เนื่องจากความต้องการเวลาจริงของการเชื่อมต่อเสียงได้ซึ่งมีความสำคัญมาก และในข้อจำกัดของเครือข่าย backhaul ไม่มีการรับประกันในเรื่องทรัพยกร

เสียงจะเชื่อมต่อกับ femtocell และส่งผ่าน DSL เพื่อแปลงเป็น VoIP ก่อนที่จะเข้ากระบวนการ ดังภาพ

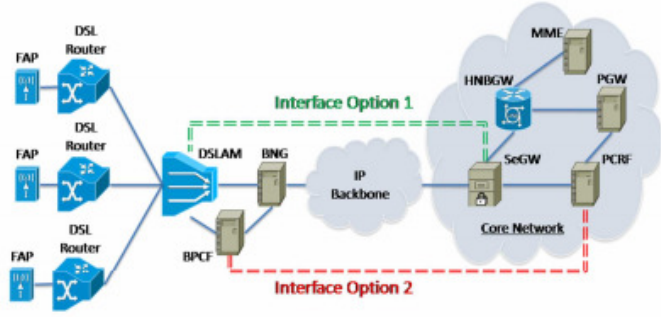


ภาพที่ 33 Voice over S1-U

ส่งไปยัง HeNGW ตัวดำเนินการมากมายที่อยู่ในเครือข่าย 3GPP ได้กำหนดไว้ว่า AMR และ AMR-WB เป็นตัวแปลงสัญญาณเสียงที่ LTE บังคับปรับใช้สำหรับแต่ล่ะสาย AMR มีอัตราข้อมูล VoIP ค่าใช้จ่ายของขอบเขตขึ้นอยู่กับโหมดการแปลงสัญญาณที่จะใช้เพิ่ม 5 ถึง 24 Kbps ในกรณีที่ IPSec ปรับค่าใช้จ่ายในการเทียบขนาดของ payload

ปฏิบัติการใช้ femtocells ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของผู้ให้บริการ (ISP) เครือข่ายสามารถทีจะระบุพื้นฐานต่อกระแสนี้ สามารถทำ

ได้โดยการให้ VLANs เฉพาะแต่ละ MNO ที่ใช้เครือข่ายของ ISP ดังนั้นจึงอนุญาตให้ DSLAM ใช้แท็ก VLAN ของแต่ละแพ็กเก็ตเพื่อระบุ MNO ที่เป็นสมาชิก



ภาพที่ 34 Femtocell deployment and architecture

แต่ละ MNO จะมีการตกลงระดับการให้บริการ SLAs ในที่เดียวกับ ISP ที่ให้แบนด์วิดธ์สูงสุดแต่ละ DSLAM โดยเฉพาะการจราจรของ VoIP แม้ว่า MNO สามารถสำรองทรัพยากรได้โดยเฉพาะบนแต่ละ DSLAM นี้จะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น แบนด์วิดธ์สูงสุดที่จองไว้แต่ละ DSLAM จะรักษาคุณภาพการโทรด้วยเสียงสำหรับผู้ใช้มี QoS ตามจำนวนที่ CAC ใช้ CAC ควบคุม EMBAC สำหรับ VoIP

มีการเลียนแบบ VoIP เป็นกระข้อมูลบบ probes เพื่อจำลองการจราจรจริงของ VoIP คล้ายการทำงานแบบ handover และมีการวิเคราะห์ออกแบบ VoIP เหมือน probes เพื่อประเมินคุณภาพการโทรในเครือข่ายการโอนสาย

แนวคิดที่แตกต่างจาก คือ

1. วัดคุณภาพของเสียง หลีกเลี่ยงความต้องการสำหรับ client แบบเคลื่อนที่เพื่อวัดคุณภาพสาย imposing
2. เรียนรู้จากการโทรโดยวิเคราะห์การวัดจากสาย VoIP จริงมากกว่าเสียงพิสูจน์กระแสข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเรียนรู้ นำไปใช้กับ WiFi CAC ใน ความต้องการสำหรับการปรับขนาดแบบไดนามิกเพื่อเน้นถึงสถานการณ์ที่สาย VoIP ถูกส่งผ่านทางเครือข่ายที่แออัด โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่

เพื่อคำนวณคะแนนค่าเฉลี่ย MOS ของ VoIP จะใช้ตัวแปรที่ปรับเปลี่ยนจากอัลกอริทึม E เฉพาะการดำเนินการของรุ่น E ได้รับการดัดแปลงเพื่อสนับสนุน AMR voice การคำนวณค่า MOS E-Model สำหรับแต่ละสาย VoIP ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวชี้วัดเครือข่ายรวมทั้งความล่าช้าและการสูญเสียแพ็กเก็ต ความล่าช้าของเครือข่ายแบบ end-to-end เป็นเรื่องยากที่จะยกเว้นในส่วนของโหนดระหว่างการคำนวณให้เวลาตรงกัน

ใน แรงจูงใจ และข้อจำกัด ในการรักษาระยะเวลาที่ตรงกันระหว่าง femtocell และ HeNBGW แสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดในเรื่องของเวลาจะต้องสอดคล้องกับความถี่ NTP หรือ PTP เป็นการแนะนำให้โปรโตคอลตรงกัน

HeNBGW ยังคงมีความปกติในการแลกเปลี่ยนข้อความกับ NTP femtocell เพื่อให้เกิดความแม่นยำสูงในเรื่องเวลาประสานงาน

สถาปัตยกรรม

สถาปัตยกรรมเครือข่ายแสดงดังรูป แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์การใช้งานทั่วไปของ femtocell ถูกใช้เป็นสถาปัตยกรรมควบคุมและพัฒนาแบบจำลองขึ้น ประกอบด้วย ผู้ใช้หลายครอบครัว และสำนักงานขนาดเล็กที่มี HeNBs โดย MNO เดียวกันจะเชื่อมต่อผ่าน DSLAM เครือข่ายหลักเดียวกันของ MNO โดยแต่ละ HeNB จะเชื่อมต่อกับเราเตอร์บอร์ดแบนด์ DSL

ข้อมูลที่รวบรวมจากผู้จำหน่าย DSLAM แสดงให้เห็นถึง DSLAM ทั่วไปมีความสามารถในการให้บริการประมาณ 1000 DSL ที่เชื่อมต่อ ในฐานะที่เป็น HeNB ทั่วไปสามารถรองรับ 4 ผู้ใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อหมายถึง DSLAM อาจมีการส่งข้อมูลด้วยเสียงโทรออกได้ถึง 4000

เครือข่ายหลักของ MNO แสดงให้เห็นถึงการจำลองยังมีผลกระทบน้อยหรือไม่มีคุณภาพในการโทร ความล่าช้าคงที่จะถือว่ายังมีการเชื่อมต่อผ่านการเชื่อมโยงความล่าช้าต่ำจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในการโทร

ตัวเลือกที่ 1 อินเตอร์เฟสของผู้พัฒนาโดยผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตเพื่อให้ MNO สามารถจำกัดการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกใน DSLAM

ตัวเลือกที่ 2 ใช้อินเตอร์เฟสที่ถูกกำหนดโดยทั้งสองระบบบอร์ดแบนด์และ 3GPP เข้ากับโทรศัพท์มือถือ PCRF-BPCF interworking จะช่วยให้ MNO ร้องขอการจัดสรรทรัพยากรเพื่อการเข้าถึงเครือข่ายดำเนินการ BPCF และ CAC ปรับปรุงการจัดสรรทรัพยากรใน DSLAM

วิธีการตรวจสอบคุณภาพการโทร

การควบคุมสายที่นำเสนอผ่านกลไกการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกมักจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลเสียงบนทางผ่าน HeNBGW เพื่อคำนวณคุณภาพการโทรด้วยเสียงด้วยโปรแกรมตรวจสอบที่พัฒนาอยู่ใน HeNBGW

บทบาทของในส่วนการตรวจสอบคุณภาพการโทรคือการรักษากำลังเสียงการโทร MOS และวัดคุณภาพแบบ real time เมื่อเกิดปัญหาจะตรวจสอบและควบคุมการทำงานและการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกเพื่อกู้คืนและรักษาคุณภาพ

จอภาพเสียงจะใช้ค่า CIR จาก SLA ในการคำนวณการโทรจำนวนเล็กน้อย และจำนวนสูงสุดของสายที่สามารถรองรับการจัดสรรแบนด์วิดธ์ที่เริ่มต้นมาจาก ISP ไป MNO โดยจะคำนวณเป็นอัตราส่วนระหว่าง CIR[bps] และอัตรา bits การโทรรวมกับค่าใช้จ่าย โดยมีการเข้าใช้รหัส ARM ด้วยอัตราสูงสุด

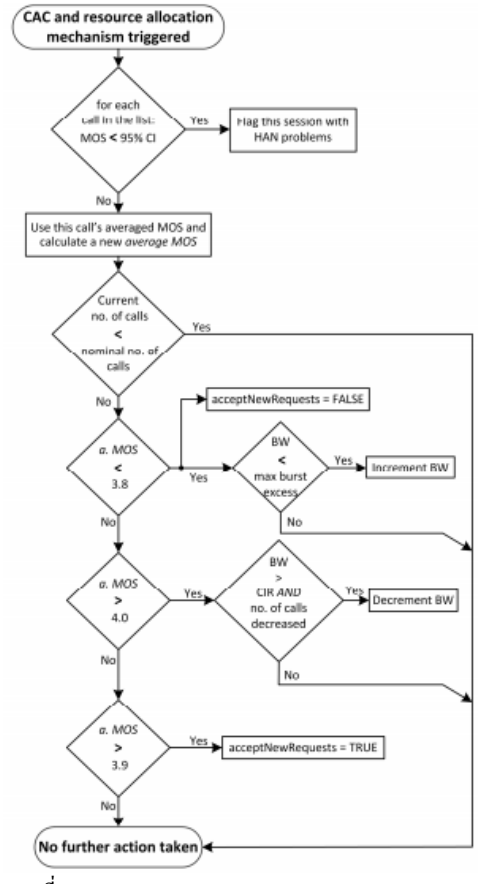
หลักการคำนวณค่า MOS

เมื่อแพ็กเก็ตใหม่มาถึงจอภาพจะแสดงการคำนวณการสูญเสียความล่าช้าของแพ็กเก็ต ความล่าช้าของแพ็กเก็ตจะถูกคำนวณเป็นความแตกต่างระหว่างเวลาปัจจุบันและเวลาก่อนส่งแพ็กเก็ต โดยการคำนวณจะใช้ RTP jitter algorithm ลำดับของ RTP จะใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยการสูญเสียแพ็กเก็ตในการเคลื่อนที่ ที่มีขนาดของ windows size ต่างกัน 100 แพ็กเก็ต ปัจจัยการส่งเท่ากับ R และค่าเฉลี่ยเท่ากับ MOS คำนวณด้วยสูตร E-Model

ค่า MOS แต่ละค่าที่คำนวณออกมาอาจทำให้เกิดปัญหา โดยการปรับขนาดเป็นปกติประมาณ 50 ต่อวินาทีต่อสาย ดังนั้นค่าเฉลี่ย MOS ทั้งหมดที่ได้รับจากช่วงเวลา และค่าเฉลี่ยทั่วไปของค่า MOS ทุกสายผ่าน HeNBGW เราจะใช้ค่าเฉลี่ย MOS เฉลี่ยระยะเพื่ออ้างอิงถึงค่านี้ ใช้ค่าเฉลี่ย MOS เป็นพื้นฐานของการดำเนินการควบคุมตอบรับการโทรและการจองทรัพยากรใน DSLAM

วิธีการเลือกการจัดสรรทรัพยากรที่ได้รับการโทรใน HeNBGW โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพการโทร แม้จะมีคิว EF ต่อ MNO อาจมีคิวหลายๆตัวใช้ร่วมกับ EF อื่นๆที่มาจากการจราจรในเครือข่าย HAN เช่น การจัดสรรทรัพยากรไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าในการจัดสรรทรัพยากรนั้นเกิดความเพียงพอที่จะสนับสนุนเสียงให้มีคุณภาพ

Algorithm CAC



ภาพที่ 35 Call Admission Control and Dynamic Resource Allocation Mechanism

แผนผังในภาพ อธิบายถึงกระบวนการตัดสินใจ คุณภาพของสายทั้งหมดผ่านการตรวจสอบ HeNBGW ในเวลาใช้งานจะถูกตรวจสอบอย่างต่อเนื่องและค่าเฉลี่ย MOS จะแสดงผลกระทบของคิว EF ที่เกี่ยวข้องของ DSLAM อาจมีความเป็นไปได้ว่าบางคนอาจใช้การโทรที่มีประสิทธิภาพที่ต่ำมาก เนื่องมาจากปัญหาในเครือข่าย HAN ซึ่งมีการติดตั้งแบบ femtocell กระบวนการตรวจพบสถานการณ์เช่นนี้ จะแสดง flag สำหรับผู้ที่มีปัญหาการโทรในเครือข่าย HAN

กระบวนการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกโดย CAC เป็นระยะๆ เมื่อมีการเรียกใช้จะถูกตรวจสอบก่อนว่าค่า MOS ในแต่ละครั้งของการโทรเฉลี่ยอยู่ในความเชื่อมั่น 95% ถ้าเป็นอย่างนั้นแล้วผู้ที่มีปัญหาในการโทรจากเครือข่าย HAN จะถูกแสดง flag เหมือนมีปัญหาในเครือข่าย HAN ค่าเฉลี่ยใหม่จากการคำนวณของ MOS ทั้งหมดจะไม่มีปัญหาในการโทรในเครือข่าย HAN

ถ้าค่าเฉลี่ย MOS ใหม่มีค่าน้อยกว่า 3.8 แล้วไม่มีการเรียกใหม่จะได้การรับการจัดสรรทรัพยากรใน DSLAM สามารถเพิ่มขึ้นและลดแพ็กเก็ตที่ค้างอยู่ออกได้ ถ้าแบนด์วิดธ์ที่ใช้ในปัจจุบันในคิว EF มีอัตราต่ำ VoIP จะขอใช้แบนด์วิดธ์มากขึ้น

ถ้าค่าเฉลี่ย MOS 4.0 จำนวนของการโทรในปัจจุบันลดลงและแบนด์วิดธ์สำหรับคิว EF ลดลง แต่ไม่ต่ำวกว่า CIR ถ้าค่า MOS เฉลี่ยสูงกว่า 3.9 เมื่อมีการโทรใหม่และถูกยอมรับ

ค่าเฉลี่ย MOS จากตารางจะรักษาคุณภาพของสายทุกสายในการโทรผ่านเครือข่ายที่ดีที่สุด

Quality rating	MOS
Best	4.34 - 4.50
High	4.03 - 4.34
Medium	3.60 - 4.03
Low	3.10 - 3.60
Poor	1.00 - 3.10

ตารางที่ 11 Map between Quality Rating and MOS

การตรวจสอบปริมาณ EF การจราจรส่งผ่าน DSLAM โดยแต่ละ MNO จะมีการคำนวณแบนด์วิดธ์ที่ใช้ในคิว EF จะทำในระยะที่เวลาเดินทางออกระหว่างแพ็กเก็ต AMR คือ 20 ms เมื่อคิวที่มีการใช้งานจะถูกเก็บไว้ใน buffer แต่ buffer มีขนาดที่จำกัดและต้องการรักษาการจราจร

Mobile VoIP User Experience in LTE อธิบายเริ่มนำมาใช้ในเพื่อดึงดูดส่วนแบ่งทางการตลาด ด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่สูง (100 Mbit/s ใน การ downlink และ 50 Mbit/s สำหรับ Uplink) และมี delays ที่ต่ำความยืดหยุ่นสเปกตรัมยังทำให้การใช้งานง่ายในคลื่นความถี่ต่างๆในส่วนต่างๆของโลก. อย่างไรก็ตาม LTE มีบริการเพียงการส่งแบบ Packet switched . การเชื่อมต่อบรอดแบนด์มือถือได้กลายเป็นโปรแกรมที่โดดเด่น LTEศึกษาถึง คุณภาพการรับรู้ของผู้ใช้ (user- perceived quality) ของบริการMobile Voice over IP (VoIP) application ใน LTE ผลที่ได้ ประสบผลสำเร็จในการใช้ แบบจำลองสภาพแวดล้อมโมเดล OPNET Gavrilovic ได้สำรวจมาตรฐาน solutions สำหรับ Voice และ บริการ SMS ในเครือข่าย LTE,

IMS Telephony (MMTel), IMS Telephony with handover to CS domain (SRVCC) และ CS fallback เป็นการเปรียบเทียบ แบบเชิงคุณภาพ (qualitatively compared) ผู้เขียนสรุป MMTel สร้างความเป็นไปได้สำหรับการนำเสนอบริการใหม่ ๆ เช่นสายวิดีโอแชทและแบ่งปันภาพในขณะที่การจัดการปัญหา SRVCC ก็เริ่มต้น หลายๆจุด ของ LTE ด้วยเช่นกัน ข้อสรุป Gavrilovic สรุปได้ว่าคุณสมบัติ CS fallback สามารถทำให้ดำเนินการ สู่ decouple the LTE rollout from MS/MMTel rollout

Paisal ยังคงมีการเปรียบเทียบคุณภาพของเทคนิคต่างๆ สำหรับการส่งบริการ VoIP ในเครือข่าย LTE รวมไปถึง CS Fallback.IMS Telephony กับ handover สู่ CS domain (SRVCC) , และ Voice over LTE ผ่านทาง Generic Access(VoLGA)

Paisal สรุปCS Fallback และ /หรือ VoLGA จะเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่สุด สู่การดำเนินการ(operators) ไม่ประสงค์ สู่การปรับใช้ IMS.Operators มีเครือข่าย 2G/3G และวางแผนสู่การปรับใช้ IMS ซึ่งสามารถพิจารณา CS fallback หรือ VoLGA g เป็นระดับกลาง , แต่ต่อมาใช้ SRVCC เมื่อ MISมีการ ติดตั้งแล้ว สิ่งเหล่านั้นเป็นการปรับใช้ดำเนินการ IMS ร่วมกันกับ LTE ควรจะเป็นไปสำหรับ SRVCC โดยตรง, Paisal กล่าว..

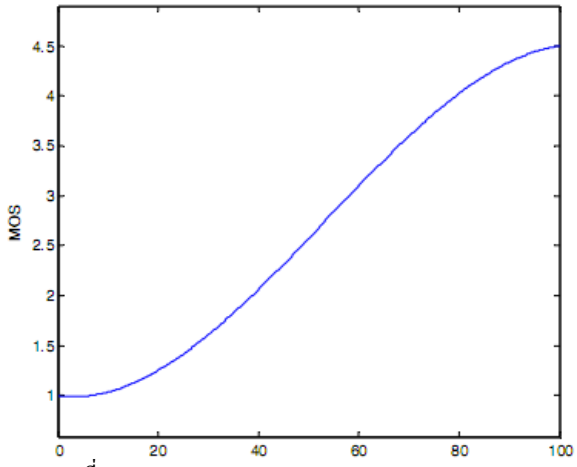
Puttonen et al. คุณภาพของการศึกษา แสดงผล VoIP ใน LTE downlink(DL) ใช้ Adaptive Multi-Rate (AMR) 12.2 code in foue กรณีการจำลองมาตรฐานโดย 4GPP4 . โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของการปรับ link adaptation,การรวมpacket(packet bundling),การควบคุมความจุของช่องสัญญาณ(control channel capacity), และจำนวนกระบวนการของ Hybrid ARO (HARQ) บน ความจุความสามารถของ VoIPที่ศึกษา. ความสามารถสูงสุดที่รายงาน เป็น 60 และ 300 Ues ต่อ cell ที่ 1.25 MHz และ 5 MHz แบรนด์วิดธ์ ตามลำดับ. มันเป็นการรายงานผลการปรับการเชื่อมต่อร่วมกัน กับ การพัฒนาการรวม Packet ทั้งหมดนี้เป็นความสามารถของ VoIp ใน เครือข่าย LTE ข้อสรุป มันเป็นการสรุปในบทความนั้นเป็นการควบคุมข้อจำกัดช่องสัญญาณ สามารถชดเชย โดยการรวม packet (Packet bunding)

Henttonen et al. ศึกษาผลกระทบของเทคนิคการอัดแน่นในส่วนของ header (robust header compression (ROHC)) ในเครือข่าย LTE ในสถารการที่มีการเคลื่อนที่สูง(เร็ว) สำหรับโปรแกรม VoIP การสูญเสีย (capacity loss) จากสถานการณ์การเคลื่อนที่เร็ว (120 km/h) รายงานผลว่าถึง 65% เมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่เกือบนิ่ง(3 km/h) ผู้เขียนรายงานนั้นความสามารถในการสูญเสียโดยรวม ของการไม่ใช้ ROHC เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ ROHC เป็น 17%

ผลงานก่อนหน้านี้เป็นการร่วมกันศึกษาใน คุณภาพของการรับรู้การใช้งานในบริการสำหรับ multimedia application ใน wireless เครือข่ายที่แตกต่างกัน ต้นแบบโปรแกรม เป็นต้นแบบการสร้างและการทดลองเป็นการแสดงการดำเนินการร่วมกันของ WLAN/CDMA2000 ในเครือข่ายที่แตกต่าง .นอกจากนี้ การศึกษาใน session ตั้งการล่าช้า และสัญญาณ(jjitter) สำหรับ Voive over WLAN(VoWLAN) application เป็นใช้ เทตริกประกอบด้วย ด้วยแบบจำลองการปรับแต่งคุณภาพมัลติมีเดียของประสบการณ์ใช้งาน (QoE) เป็นการใช้การเรียนรู้การทำนายและสถิติที่นำเสนอ

Parameter Description	*Parameter Value(s)*
System bandwidths	{1.4, 20} MHz
VoIP codecs	{G.711, G.723.1 5.3K, G.729 A, GSM FR}
Duplex mode	FDD
Base frequency (UL)	1920 MHz
Base frequency (DL)	2110 MHz
Cyclic prefix type	7 symbols per slot

ตารางที่ 12 SIMULATION SETTINGS



ภาพที่ 36 Relationship between MOS values and R values

ข้อสรุป กลไกการเลือกเข้าถึงเครือข่ายสำหรับ โหนดที่เคลื่อนที่ (mobile nodes) ร่วมกันของสภาพแวดล้อมของ WLAN/LTE เป็นการนำเสนอและประเมิน การแสดงผล VoIP ในส่วนของ user-perceived quality ของบริการเป็นตัวหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพ

เพื่อศึกษาคุณภาพของการใช้บริการของ user สำหรับ VoIP application ในเครือข่าย LTE ,สำหรับแบบจำลองใช้ OPNET Modeler เป็นตัวดำเนินการ ซึ่งแสดงในภาพที่ 36 แสดง 7 cell กับ 5 Ues ต่อ cell เป็นการกำหนดค่า เพื่อให้แต่ละ UE เริ่มโทรศัพท์ VoIP สู่ที่อื่น โดยการสุ่มเลือก UE. แบบจำลองได้ตั้งค่า ที่แสดงใน ตารางที่ 13

ค่า MOS ถูกนำมาใช้เป็นตัววัดค่าสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ค่าดังกล่าวสามารถคำนวณโดยใช้ E-model ตามที่ปรากฏในสูตรต่อไปนี้

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e-eff} \quad (1)$$

$$I_{e-eff} = I_e + (95 - I_e) \cdot \frac{Ppl}{Ppl/BurstR + Bpl} \quad (2)$$

$$MOS = \begin{cases} 1, & \text{for } R < 0 \\ 1 + 0.035 \cdot R + R \cdot (R - 60) \cdot (100 - R) \cdot 7 \cdot 10^{-6}, & \text{for } R \in [0, 100] \\ 4.5 & \text{for } R > 100. \end{cases} \quad (3)$$

MOS Value	*Impairment*
5	Imperceptible
4	Perceptible, not annoying
3	Slightly annoying
2	Annoying
1	Very annoying

ตารางที่ 13 MOS VALUES AND THEIR INTERPRETATION

VoIP Codec	*System Bandwidth*	
	1.4 MHz	*20 MHz*
GSM FR	2.51	3.49
G.729 A	3.02	3.03
G.723.1 5.3K	2.51	2.51
G.711	3.64	3.64

ตารางที่ 14 SIMULATION RESULTS (MOS VALUES)

R_o เป็น พื้นฐานสัญญาณเสียงรบกวนของวิทยุที่ 93.2, I_s แสดงถึงความบกพร่องของสัญญาณสู่แหล่งกำเนิดสัญญาณ, I_d เป็นการบกพร่องเนื่องจากการล่าช้าสู่การสูญเสีย packet (Packet losses)

นอกจากนี้ Ppl แสดงถึงอัตราการสูญเสียแพ็คเก็ต (represents instantaneous packet loss rate)ซึ่ง *BurstR* เป็นจำนวนของการสูญเสียของ Packet ใน burst of lost packets แต่ละครั้งที่สอง(at each second). *Bpl* ปัจจัยการทนต่อการสุ่มการสูญเสียของ packet และกำหนด Bpl = 20 สำหรับ GSM Fullrate (FR) codec

รูปภาพที่40 แสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า MOS และค่า R ,ซึ่งหมายถึงค่า MOS สามารถเห็นได้จาก ตารางที่15

หลังจาก สร้างแบบจำลองการจราจร VoIP ในเครือข่าย LTE , เรามีผลสรุปตาม ตารางที่ 14

เป็นที่แน่นอนว่า การใช้ ตัวแปลงสัญญาณอัตราบิตสูง (high bitrate codecs) (the G.711 with a nominal bitrate of 64 kb/s) ให้ค่า MOS สูงกว่า,ที่ใช้ตัวแปลงสัญญานอัตราบิต ต่ำกว่า (GSM FR, G.723.1 5.3K, and G.729 A) ให้ค่าMOS ต่ำกว่า . The GSM FR codec, อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพค่อนข้างดีอยู่ในระดับ 20 MHz system bandwidth scenario.

ตารางเปรียบเทียบค่า MOS

ลำดับ	Paper	MOS	R-value
1	MultiMedia Mobility Manager –a Seamless Mobility Management Architecture Supporting Multimedia Applications	3.9	450 MHz
2	Optimized Adaptive Multi Lane technique For LTE radio access VoIP	2.6	-
3	Adaptive Multi Lane Technique For LTE Radio Access VoIP	2.4	-
4	Mobile VoIP User Experience in LTE	3.64	1.4-20 MHz
5	Vice –over-IP Performance in UTRA Lang Term Evolution Downlink	1.6	1.5 MHz

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่า MOS

สรุปผลการวิจัย

สรุปเปรียบเทียบ Algorithm

การใช้ algorithm เข้ามาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ล่ะวิธีต่างๆที่นำเสนอ โดย algorithm ที่ใช้เป็นวัดค่าคุณภาพของสายไม่ว่าจะเป็น AML การเพิ่มช่องทางในการส่งสัญญาร หรือ AMR การวัดอัตราของการโทร หรือ ROHC เป็นการวัดคุณภาพของการให้บริการแบบเคลื่อนที่ และ CAC เป็นตัวที่ใช้ควบคุมในการจัดสรรทรัพยการให้กับการโทร ซึ่งตัววัดประสิทธิภาพคำนวณได้จากค่า MOS และค่า MOS จะถูกจำแนกออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่กล่าวไว้ข้างต้น

ค่า MOS แต่ละค่าที่คำนวณออกมาอาจทำให้เกิดปัญหา โดยการปรับขนาดเป็นปกติประมาณ 50 ต่อวินาทีต่อสาย ดังนั้นค่าเฉลี่ย MOS ทั้งหมดที่ได้รับจากช่วงเวลา และค่าเฉลี่ยทั่วไปของค่า MOS ทุกสายใช้ค่าเฉลี่ย MOS เป็นพื้นฐานของการดำเนินการควบคุมตอบรับการโทรและการจองทรัพยากร

วิธีการเลือกการจัดสรรทรัพยากรที่ได้รับการโทรใน HeNBGW โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพการโทร แม้จะมีคิว EF ต่อ MNO อาจมีคิวหลายๆตัวใช้ร่วมกับ EF อื่นๆที่มาจากการจราจรในเครือข่าย HAN เช่น การจัดสรรทรัพยากรไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าในการจัดสรรทรัพยากรนั้นเกิดความเพียงพอที่จะสนับสนุนเสียงให้มีคุณภาพ

การใช้ตัวแปลงสัญญาณอัตราบิตสูงย่อมให้ผลค่า MOS สูงเมื่อเปรียบเทียบกับใช้ตัวแปลงสัญญาณอัตราบิตที่ต่ำกว่าก็จะได้ค่า MOS ที่ต่ำเช่นกัน

สรุปเปรียบเทียบด้านทางเทคนิค

	CS fallback	SRVCC	VoLGA	eSRVCC
ผู้ให้บริการมีโครงข่าย 2/3G และไม่ได้วางแผนที่จะปรับใช้ IMS (IP Multimedia Subsystem)	ใช่ แต่จะเพิ่มความยุ่งยากสำหรับการให้บริการข้อมูล	ไม่	ใช่ แต่จะมีสัญญาณลบกวนและมีค่าใช้จ่ายเพิ่ม	ไม่
ผู้ให้บริการมีโครงข่าย 2/3G และได้วางแผนที่จะปรับใช้ IMS ภายหลัง	ใช่ แก้ปัญหาในระดับเบื้องต้น	ใช่ เป็นวิธีแก้ปัญหาขั้นสุดท้ายเมื่อถูกนำไปใช้ IMS	ใช่ เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	ใช่ เป็นวิธีแก้ปัญหาขั้นสุดท้ายเมื่อถูกนำไปใช้ IMS
ผู้ให้บริการไม่มีโครงข่าย 2/3G และได้วางแผนที่จะปรับใช้ IMS ภายหลัง	ไม่	ใช่ เป็นจุดเริ่มต้นของ VoLTE	ไม่	ใช่

ตารางที่ 16 แสดงการสรุปเปรียบเทียบด้านทางเทคนิค

ยุค 2G/3G ที่เราใช้อยู่ในปัจจุบัน จะแยกช่องสัญญาณเสียงกับข้อมูลออกจากกัน แต่พอเป็น 4G LTE จะคิดใหม่ทำใหม่ คือทุกอย่างที่ส่งกันบน LTE จะเป็นข้อมูลล้วนๆ (วิ่งบน IP ตามปกติ) ทำให้การโทรศัพท์ด้วยเสียงผ่าน LTE ตรงๆ ไม่สามารถทำได้ (การใช้งานมือถือ LTE ในปัจจุบันจึงต้องใช้ทั้ง LTE และ 2G/3G ควบคู่กันไป ขึ้นกับว่าตอนนั้นสื่อสารด้วยอะไร)

ทางออกระยะยาวของเรื่องนี้คือเปลี่ยนการสื่อสารด้วยเสียงโดยตรง ไปเป็น VoIP แล้วส่งบนเครือข่าย LTE อีกทีหนึ่ง (จะเรียกว่า VOLGA หรือ Voice over LTE via Generic Access ก็พอได้) แต่ก็มีปัญหาอีกว่าเครือข่าย LTE ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่มากนัก ดังนั้นถ้าคุยโทรศัพท์อยู่แล้วย้ายจากพื้นที่ที่เป็น LTE ไปยัง 3G จะมีปัญหาสายหลุดนั่นเอง

เทคโนโลยีของ Qualcomm/Ericsson สำหรับงานนี้มีชื่อว่า SRVCC (single-radio voice call continuity) ช่วยให้การสื่อสารด้วยเสียงบน 2G/3G สามารถส่งต่อไปยัง LTE ได้อย่างต่อเนื่องในกรณีเคลื่อนที่ระหว่างเครือข่าย 2 ประเภทนี้ ผลลัพธ์ของมันคือช่วยให้โอเปอเรเตอร์ให้บริการเสียงได้ดีขึ้น ระหว่างเครือข่ายที่เป็น LTE กับ 2G/3G เดิม

ผู้ที่ได้ประโยชน์จากเทคโนโลยี SRVCC คือผู้ให้บริการเครือข่ายขนาดเล็ก-กลางที่ไม่สามารถให้บริการ LTE ได้ครอบคลุมมากนัก ส่วนพี่ใหญ่อย่างเช่น AT&T หรือ Verizon จะพยายามวางโครงข่าย LTE ให้เยอะที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ทำให้มีโอกาสใช้ SRVCC น้อยลงมาบ้าง (แต่ก็ไม่ถึงกับว่าจะไม่ใช้เลย)

สรุปเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพ

	BLER	Througput	Delay	Lost	Jitter
การป้องกันการเกิด Error	√	-	√	√	-
อัตราการส่งข้อมูล	√	√	√	√	√
ความล่าช้า	-	√	√	√	√
การสูญหายของข้อมูล	√	-	√	√	√

ตารางที่ 17 แสดงการสรุปเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพ

องค์ประกอบของคุณภาพสำหรับการให้บริการ นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. คุณภาพการสื่อสาร เป็นระดับคุณภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการสื่อสารต้นทางและปลายทาง หรืออีกนัยหนึ่งอาจหมายถึงคุณภาพของระบบโครงข่ายสื่อสารที่รองรับการให้บริการสื่อสาร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรคุณภาพหลัก ๆ ได้แก่

1.1 Delay คือระยะเวลาที่ใช้ในการสื่อสารข้อไปผ่านบนโครงข่ายสื่อสารตั้งแต่ต้นทางไปจนถึงปลายทาง

1.2 Packet Loss คือการสูญหายของข้อมูลซึ่งเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลบางส่วนหรือทั้งหมดที่ถูกส่งจากต้นทางไม่สามารถไปถึงปลายทางได้

1.3 Jitter คือความผันแปรเฉลี่ยของระยะเวลา Delay ที่เกิดขึ้นกับแต่ละ Packet ในการสื่อสารจากต้นทางไปยังปลายทาง

1.4 Throughpu คือการวัด Bandwidth ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาหนึ่งโดยการใช้เส้นทางเดินข้อมูลเส้นทางหนึ่งในการ ถ่ายทอดข้อมูลที่เตรียมไว้ล่วงหน้า อย่างไรก็ตามด้วยเหตุผลหลายๆอย่าง Throughput มักจะมีค่าน้อยกว่าค่าสูงสุดของ Bandwidth มาก

2. คุณภาพการให้บริการ (Service Quality) คือตัวแปรคุณภาพทางด้านกระบวนการและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในการให้บริการทั้งที่เกิดจากการให้บริการด้วยระบบอุปกรณ์ทางด้านเทคนิคหรือการให้บริการด้วยพนักงาน อันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับการให้บริการส่งผลต่อระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการในภาพรวม

เอกสารอ้างอิง

[1] Musabe R, Larijani H, Stewart BG, Boutaleb T. A New Scheduling Scheme for Voice Awareness in 3G LTE. 2011 International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA). 2011. p. 300 –307.

[2] Abdel Alim O, Shaaban S, Hamdy MN. Adaptive Multi Lane technique for LTE radio access VoIP. 2011 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC). 2011. p. 183 –186.

[3] Bouras C, Kanakis N, Kokkinos V, Papazois A. AL-FEC for streaming services over LTE systems. 2011 14th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC). 2011. p. 1 –5.

[4] Alexiou A, Bouras C, Kokkinos V, Papazois A, Tseliou G. Enhancing FEC application in LTE cellular networks. Wireless Days (WD), 2010 IFIP. 2010. p. 1 –5.

[5] Koshimizu T, Tanaka I, Nishida K. Improvement on the VoLTE (Voice over LTE) Domain Handover with Operator's Vision. World Telecommunications Congress (WTC), 2012. 2012. p. 1 –5.

[6] Abuhaija B, Al-Begain K. LTE Capacity and Service Continuity in Multi Radio Environment. 2010 Fourth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST). 2010. p. 131 –136.

[7] Li L, Shen S, Yang CC. LTE CoS/QoS Harmonization Emulator. 2011 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC). 2011. p. 154 –161.

[8] Andersson K, Al Mahmud Mostafa S, Ul-Islam R. Mobile VoIP user experience in LTE. 2011 IEEE 36th Conference on Local Computer Networks (LCN). 2011. p. 785 –788.

[9] Alim OA, Shaaban S, Hamdy MN. Optimized Adaptive Multi Lane technique: For LTE radio access VoIP. 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP). 2011. p. 1 –4.

[10] Asheralieva A, Khan JY, Mahata K. Performance analysis of VoIP services on the LTE network. Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), 2011. 2011.p.1–6.

[11] Muntean VH, Otesteanu M. Performance evaluation of DQOAS algorithm in case of applications generating VoIP and video streaming when a new QoS prioritization scheme for LTE is used. 2011 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB). 2011. p. 1 –6.

[12] Polignano M, Vinella D, Laselva D, Wigard J, Sorensens TB. Power Savings and QoS Impact for VoIP Application with DRX/DTX Feature in LTE. Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2011 IEEE 73rd. 2011. p. 1 –5.

[13] Wang H, Ding L, Wu P, Pan Z, Liu N, You X. QoS-Aware Load Balancing in 3GPP LongTerm Evolution Multi-Cell Networks. 2011 IEEE International Conference on Communications (ICC). 2011.p.1–5.

[14] Paisal V. Seamless voice over LTE. 2010 IEEE 4th International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Application(IMSAA). 2010. p. 1 –5.

[15] Gavrilovic S. Standard based solutions for voice and SMS services over LTE. 2010 Proceedings of the 33rd International Convention MIPRO. 2010. p. 334 –339.

[16] Talukdar A, Mondal B, Cudak M, Ghosh A, Wang F. Streaming Video Capacity Comparisons of Multi-Antenna LTE Systems. Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st. 2010. p. 1 – 5.

[17] Diaz A, Merino P, Rivas FJ. Test environment for QoS testing of VoIP over LTE. 2012 IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS). 2012. p. 780 –794.

[18] Wang D, Soni R, Chen P, Rao A. Video telephony over downlink LTE systems with/without QoS provisioning. 2011 34th IEEE Sarnoff Symposium. 2011. p. 1 –5.

[19] Henttonen T, Aschan K, Puttonen J, Kolehmainen N, Kela P, Moisio M, et al. Performance of VoIP with Mobility in UTRA Long Term Evolution. IEEE Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008. 2008. p. 2492 –2496.

[20] Olariu C, Fitzpatrick J, Perry P, Murphy L. A QoS based call admission control and resource allocation mechanism for LTE femtocell deployment. 2012 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC). 2012. p. 884 –888.