สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ 3
Abstract 4
กิตติกรรมประกาศ 5
สารบัญ 6
รายการตาราง 9
รายการภาพประกอบ 10
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ 13
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1
1.2 การตรวจเอกสาร (Literatures Review) 2
1.2.1 การวิเคราะห์กลไกและพารามิเตอร์ของโปรโตคอลที่มีผลต่อประสิทธิภาพ 2
1.2.2 วิธีที่ถูกนำเสนอเพิ่มเติมเพื่อทำให้ประสิทธิภาพของโปรโตคอลดีขึ้น 7
1.3 วัตถุประสงค์ 15
1.4 ขอบเขต 15
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 15
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 17
2.1 ความเป็นมาของระบบสื่อสารเคลื่อนที่ยุคที่ 3 17
2.2 โครงสร้างของระบบ UMTS 20
2.3 เทคโนโลยีการสื่อสารแบบ WCDMA 21
2.3.1 สถาปัตยกรรมของโปรโตคอลระบบ WCDMA 22
2.3.2 จุดเด่นของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G แบบ W-CDMA 25
2.3.3 คุณภาพการบริการของระบบ UMTS (UMTS Quality of Service: QoS) 27
2.4 การสื่อสารวีดิทัศน์บนเครือข่าย UMTS 33
2.4.1 ขั้นตอนในการรับและส่งวีดิทัศน์บนเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 35
2.4.2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลวีดิทัศน์ 35
2.4.3 การบีบอัดข้อมูลวีดิทัศน์ (Video Compression) 37
2.4.4 การบีบอัดวีดิทัศน์ด้วย MPEG-4 38
2.5 สรุป 39

บทที่ 3 โปรโตคอลควบคุมการเชื่อมโยงคลื่นวิทยุ 40
3.1 สถาปัตยกรรมของชั้น RLC 40
3.2 องค์ประกอบภายในเอ็นทิที่และบริการ 3 โหมดของ RLC 43
3.2.1 Transparent Mode (TM) RLC Entities 44
3.2.2 Unacknowledged Mode (UM) RLC Entities 46
3.2.3 Acknowledged Mode (AM) RLC entities 47
3.3 ชนิดของ PDU 50
3.3.1 AMD PDU 50
3.3.2 STATUS PDUs 51
3.3.3 Piggybacked STATUS PDU 54
3.3.4 RESET, RESET ACK PDU 54
3.4 โปรโตคอลพารามิเตอร์และบัฟเฟอร์ 55
3.5 ตัวแปร State และการทำงานในฝั่งส่ง 56
3.5.1 ตัวแปร State ในฝั่งส่ง 57
3.5.2 กลไกการ Poll (Polling Mechanism) 58
3.5.3 กลไกละทิ้ง SDU ของ RLC (RLC SDU Discard Mechanism) 59
3.5.4 Retransmission ของ RLC 60
3.6 ตัวแปร State และการทำงานในฝั่งรับ 60
3.6.1 ตัวแปร State ในฝั่งรับ 61
3.6.2 กลไกการส่ง STATUS (STATUS Transmission Mechanism) 61
3.7 การทำงานของ TTI 63
3.8 ตัวอย่างการไหลของแพ็กเกต 63
3.9 สรุป 65
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง 66
4.1 การออกแบบสร้างระบบทดสอบ 66
4.1.1 การเลือกกลไกและพารามิเตอร์ของโปรโตคอลชั้นที่ 2 66
4.1.2 การออกแบบเครือข่ายจำลอง 75
4.1.3 กรณีศึกษาที่ทำการทดสอบ 79
4.2 เครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง 80
4.3 สรุป 81
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง 82

5.1 วิธีการทดลอง 82
5.1.1 การอธิบายแบบจำลอง (Simulation description) 83
5.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 86
5.2.1 เวลาหน่วงในการรับเฟรม (Received frame delay) 86
5.2.2 เวลาหน่วงในระดับแพ็กเกตย่อย PDU 90
5.2.3 การใช้งานบัฟเฟอร์ RLC 91
5.2.4 การใช้งานช่องสัญญาณ 94
5.2.5 ประสิทธิภาพการทำงานของโปรโตคอล RLC 99
5.2.6 การปรับเปลี่ยนกลไกการเลือกส่งข้อมูลภายใน RLC 102
5.3 สรุป 105
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 107
6.1 สรุปผลการวิจัย 107
6.1.1 แบบจำลองการทำงานของเครือข่าย UMTS 107
6.1.2 กลไกและพารามิเตอร์ของโปรโตคอล RLC ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ 108
6.1.3 การปรับเปลี่ยนกลไกการทำงานภายในโปรโตคอล RLC 109
6.2 ข้อเสนอแนะ 109
เอกสารอ้างอิง 111
ภาคผนวก 114
ภาคผนวก ก. เครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง 115
I. EURANE บน NS2 116
ภาคผนวก ข. การทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ไฟล์วิดีโอในการทดสอบ 119
I. รายละเอียดวิดีโอที่ใช้ทดลอง 119
II. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 119
ก. เวลาหน่วงในการรับเฟรม (Received frame delay) 119
ข. การใช้งานช่องสัญญาณ 121
ค. ประสิทธิภาพการทำงานของโปรโตคอล RLC 122
ประวัติผู้เขียน 124

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 UMTS QoS Classes 29
2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้แจ้งคุณภาพการบริการ (Radio Access Bearer QoS Parameters) 29
3.1 แสดงบริการที่มีในแต่ละโหมดการทำงานของชั้น RLC 43
3.2 ค่าบิตสำหรับแต่ละชนิดของ Super-Field 52
4.1 บริการที่มีในแต่ละโหมดการทำงานของชั้น RLC 69
4.2 พารามิเตอร์สำหรับวิดีโอ MPEG-4 80
5.1 พารามิเตอร์สำหรับวิดีโอ MPEG-4 83
5.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง 84
5.3 การกำหนด STATUS และ Poll timer สำหรับช่องสัญญาณ DCH 384kbps 84
5.4 ค่าพารามิเตอร์สำหรับโปรโตคอล RLC ที่ทำงานในโหมด AM 85
5.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรม 89
5.6 Throughput วิดีโอที่โหนด RNC กรณีไม่มี error rate 97
5.7 Throughput วิดีโอที่โหนด UE กรณีไม่มี error rate 98
5.8 ประสิทธิภาพของ Selective Repeat ARQ 100
5.9 ประสิทธิภาพของโปรโตคอล RLC ที่ได้จากผลการทดลอง 101
5.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมเมื่อใช้กลไกแบบ priority queue 103
5.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมเมื่อใช้กลไกแบบ FIFO queue 103
5.12 ค่าเฉลี่ยของเวลาที่แพ็กเกตใช้ในการรออยู่ในคิว เมื่อ poll timer เท่ากับ 50ms 105
5.13 ค่าเฉลี่ยของเวลาที่แพ็กเกตใช้ในการรออยู่ในคิว เมื่อ poll timer เท่ากับ 200ms 105
ก.1 ชนิดของแพ็กเกต UMTS ที่ถูกเพิ่มเติม 117
ก.2 ไฟล์ที่แก้ไข/สร้างเพิ่มเติมสำหรับโมดูล EURANE 117
ข.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรม 121
ข.2 ประสิทธิภาพของโปรโตคอล RLC ที่ได้จากผลการทดลอง เมื่อใช้ 50ms poll timer 122
ข.3 ประสิทธิภาพของโปรโตคอล RLC ที่ได้จากผลการทดลอง เมื่อใช้ 200ms poll timer 123

รายการภาพประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 แผนภาพการพัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 20
2.2 สถาปัตยกรรม UMTS 21
2.3 สถาปัตยกรรมของโปรโตคอลระบบ WCDMA 22
2.4 การไหลของข้อมูลในส่วนของผู้ใช้ฝั่ง UE 24
2.5 รูปแบบของ End-to-End QoS[14] 28
2.6 ชั้นโปรโตคอลแสดงการไหลของสัญญาณและข้อมูลสื่อสำหรับบริการสตรีมมิ่ง [18] 34
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเฟรมที่ผ่านการบีบอัดวีดิทัศน์ด้วย MPEG-4 39
3.1 สถาปัตยกรรมของโปรโตคอล RLC [27] 41
3.2 เอ็นทิที้ของ RLC เมื่อทำงานในโหมด Transparent Mode (TM) [27] 44
3.3 เอ็นทิที้ของ RLC เมื่อทำงานในโหมด Unacknowledged Mode (UM) [27] 46
3.4 เอ็นทิที้ของ RLC เมื่อทำงานในโหมด Acknowledged Mode (AM) [27] 48
3.5 รูปแบบของ AMD PDUs 51
3.6 รูปแบบของ STATUS PDUs 52
3.7 โครงสร้างของ Super-Field 52
3.8 super-field : NO_MORE 53
3.9 super-field : ACK 53
3.10 super-field : LIST 53
3.11 super-field : BITMAP 53
3.12 super-field :MRW 53
3.13 super-field : MRW_ACK 54
3.14 Piggybacked STATUS PDU [27] 54
3.15 RESET, RESET ACK PDU [27] 54
3.16 ตัวแปรของ transmission และ retransmission window 57
3.17 การไหลของแพ็กเกตในโหมด AM 65
4.1 การสื่อสารวิดีทัศน์ผ่านเครือข่าย UMTS 76
4.2 สถาปัตยกรรม UMTS 76
4.3 เครือข่ายจำลอง 77
4.4 การสิ้นสุดของโปรโตคอลสำหรับช่องสัญญาณ DCH 77
4.5 การสิ้นสุดของโปรโตคอลสำหรับช่องสัญญาณ DCH 77
4.6 การไหลของข้อมูลผ่านโปรโตคอลสแทค 78

5.1 เครือข่ายจำลอง 82
5.2 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อค่า poll timer แตกต่างกัน ที่ 10% link error rate 87
5.3 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อค่า poll timer แตกต่างกัน ที่ 20% link error rate 87
5.4 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อให้ link error rate ต่างกัน ที่ 50ms poll timer 88
5.5 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อให้ link error rate ต่างกัน ที่ 200ms poll timer 88
5.6 ส่วนขยายผลการทดลองจากรูปที่ 5.4 88
5.7 ส่วนขยายผลการทดลองจากรูปที่ 5.5 89
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมกับ link error rate 90
5.9 เวลาหน่วงของแต่ละ PDU เมื่อให้ค่า poll timer ต่างกัน กรณี error rate 5% 90
5.10 เวลาหน่วงของแต่ละ PDU เมื่อให้ค่า poll timer ต่างกัน กรณี error rate 15% 91
5.11 เวลาหน่วงของแต่ละ PDU เมื่อให้ค่า poll timer ต่างกัน กรณี error rate 19% 91
5.12 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (1) 92
5.13 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (2) 92
5.14 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (3) 92
5.15 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (4) 93
5.16 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (5) 93
5.17 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (6) 93
5.18 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (7) 94
5.19 ขนาดการใช้งานบัฟเฟอร์ RLC ที่ poll timer ค่าต่าง ๆ (8) 94
5.20 ค่าเฉลี่ยการใช้งานช่องสัญญาณที่อัตราความผิดพลาดค่าต่าง ๆ 95
5.21 ค่าเฉลี่ยการใช้งานช่องสัญญาณที่อัตราความผิดพลาดค่าต่าง ๆ 95
5.22 Throughput ของวิดีโอเมื่อ poll timer เท่ากับ 50ms วัดที่โหนด RNC และ UE 96
5.23 Throughput ของวิดีโอเมื่อ poll timer เท่ากับ 200ms วัดที่โหนด RNC และ UE 96
5.24 ประสิทธิภาพของ Selective Repeat ARQ จากการคำนวณ 100
5.25 ประสิทธิภาพของ Selective Repeat ARQ จากการทดลอง 101
5.26 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างค่าจากการทดลอง 101
5.27 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อให้ link error rate ต่างกัน ที่ 50ms poll timer 103
5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมกับ link error rate 104
5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมกับ link error rate 104
ก.1 แสดงวัฏจักรของการจำลองด้วย ns 115
ข.1 ตัวอย่างวิดีโอ Container_qcif 119
ข.2 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อค่า poll timer แตกต่างกัน ที่ 10% link error rate 120
ข.3 เปรียบเทียบค่า frame delay เมื่อค่า poll timer แตกต่างกัน ที่ 30% link error rate 120
ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยเวลาหน่วงเฟรมกับ link error rate 121

ข.5 ค่าเฉลี่ยการใช้งานช่องสัญญาณที่อัตราความผิดพลาดค่าต่าง ๆ.....122
ข.6 ประสิทธิภาพของโปรโตคอล RLC จากการทดลอง.....123

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

3G	Third Generation Mobile Phone System
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project
AM	Acknowledged Mode
ARQ	Automatic Repeat Request
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-Frame	Bidirectional Frame
BLER	Block Error Rate
BMC	Broadcast and Multicast Control
BS	Base Station
BSS	Base Station Subsystem
C-Plane	Control Plane
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
EDGE	Enhanced Data Rate for GPRS Evolution
EURANE	Enhanced UMTS Radio Acess Network
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	Generic Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
I-Frame	Intra Frame
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Service
IP	Internet Protocol
MAC	Medium Access Control
MPEG	Moving Picture Expert Group
MTU	Maximum Transfer Unit
NS-2	Network Simulator 2

P-Frame	Pridicted Frame
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDU	Protocol Data Unit
PS	Packet Switched
QOS	Quality of Service
RB	Radio Bearer
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
SAPs	Service Access Points
SDP	Session Description Protocol
SDU	Service Data Unit
SGSN	Serving GPRS Support Node
SRB	Signaling Radio Bearer
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
TM	Transparent Mode
TTI	Transmission Time Inteval
U-Plane	User Plane
UE	User Equipment
UM	Unacknowledge Mode
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access