

Computer Networks

Assignment #2

과목: 컴퓨터네트워크 화5목6

학과: 컴퓨터정보공학부

담당교수: 이혁준 교수님

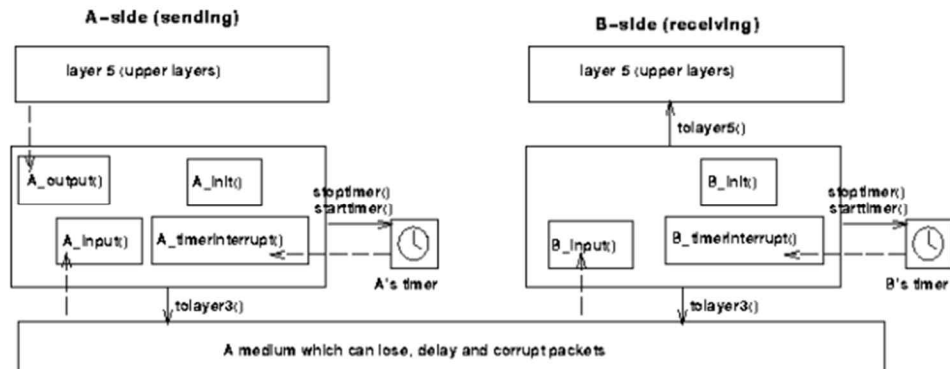
학번: 2019202005

성명: 남종식

제출일: 2023.05.19

1. Introduction

먼저 과제 소개입니다. 이번 과제는 Bidirectional Selective Repeat을 구현하는 과제입니다.

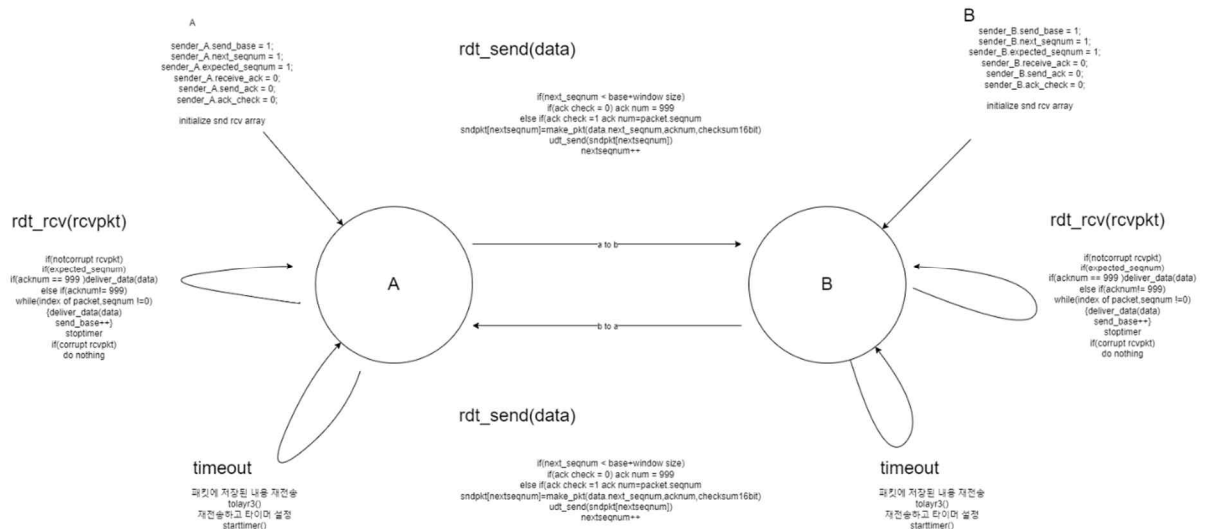


저희가 구현하는 것은 bidirectional, 즉 양방향의 selective repeat이기 때문에, A와 B가 각각 sender 와 receiver의 기능을 하는 것이 아닌, 서로 주고 받을 수 있게 sender와 receiver의 기능을 모두 한다고 생각하면 됩니다. 그렇기 때문에 A와 B는 서로 기능이 같다고 할 수 있습니다. 이 Selective Repeat방식은 GBN방식과는 달리 유실된 패킷에 대해서만 선택적으로 재 전송하는 방식이기 때문에 훨씬 효율적이라고 할 수 있습니다. 일단 Bidirectional Selective Repeat의 대략적인 skeleton code는 구현이 되어있으며 비어 있는 A_init(), B_init(), A_output(message), B_output(message), A_input(packet), B_input(packet), A_timeinterrupt(), B_timeinterrupt() 총 8개의 함수를 채워서 과제를 진행할 수 있습니다. A와 B가 송수신을 할 때 이번 과제에서는 piggy back방식을 이용하는데 이 방식은 패킷에 데이터를 보낼 때 ACK를 패킷에 포함시켜 같이 보내는 방식입니다. 이 때, 보낼 데이터가 없다면 수신한 패킷에 대한 ACK만을 보낼 수 있습니다. 하지만 이번 과제에서는 이 경우는 배제하고 진행했습니다. 이 piggy back방식을 이용하면 ACK패킷에 대해 따로 보내 주지 않아도 되기 때문에 통신의 전체적인 효율성을 향상시킬 수 있습니다.

A_init(), B_init() 함수에서는 필요한 변수들에 대해서 초기화를 진행하고 A_output(message), B_output(message) 함수에서는 패킷에 있는 정보들을 layer3으로 전달하는 과정이 포함되어 있습니다.

A_input(packet), B_input(packet) 함수에서는 output함수로부터 정보들을 전달받아 layer5로 전달하는 과정이 포함되어 있습니다. 만약 타이머에 설정된 시간이 지났는데 패킷이 도착하지 않았다면 A_timeinterrupt(), B_timeinterrupt() 함수를 통해 패킷을 재전송할 수 있습니다.

2. FSM



3. Code description

1) Output

먼저 output함수는 패킷을 송신할 때 사용하는 함수이며 패킷과 ACK를 layer3으로 전송하는 역할을 수행합니다.

함수 안 조건문에서 처음에 sender_A.next_seqnum가 sender_A.send_base + WINDOW_SIZE보다 작은지 확인하여 현재 윈도우 크기 내에서만 패킷을 전송할 수 있는지 확인합니다. 다음으로 전송할 패킷들에 대하여 정보들을 저장하고 ACK와 데이터를 같이 보낼 때와 데이터만 보낼 때의 경우를 나

누어서 처리하였습니다. 이렇게 ACK의 존재 여부를 따져서 ACK가 존재하지 않는 경우에는 ACK를 999로 설정하여 Checksum함수를 통해 checksum을 계산하고 정보들을 저장한 패킷을 layer3으로 보냈습니다. 패킷을 보냈으니 이에 해당하는 타이머를starttimer함수를 호출하여 타이머를 시작했습니다. 패킷을 보내고 ACK와 seqnum 그리고 데이터의 정보들을 출력해주었습니다. ACK와 데이터가 같이 존재하는 경우에는 ACK를 이전에 잘 전달받은 패킷의 seqnum중 가장 큰 수로 설정하여 위와 똑 같은 과정을 통해 패킷을 전달해주고 간단한 출력문을 출력해주었습니다. 그리고 전달한 패킷에 해당하는 정보를 저장하기 위해 구조체 배열을 이용하여 패킷 전달한 패킷의 seqnum에 해당하는 인덱스에 저장해주었습니다. timerinterrupt가 발생한 경우에 저장해둔 패킷을 재전송할 수 있게 하기 위해 만들었습니다. next_seqnum변수를 이용하여 패킷을 보낸 후 seqnum을 1씩 더해 업데이트 해주었습니다.

2) Input

input함수는 전달받은 패킷을 처리하고 데이터에 관한 정보를 layer5로 전달하는 역할을 합니다.

먼저 함수안에서 처음 동작은 수신한 패킷이 손상되지 않는 지부터 판단합니다. 이는 Checksum함수를 통해 확인할 수 있습니다. 만약에 패킷이 손상되었다면 아무 동작도 수행하지 않기 때문에 패킷을 전달받지 못했다는 출력문만 출력해줍니다. 만약에 패킷이 손상되지 않았다면 먼저 손상되지 않은 패킷을 구조체 배열에 저장합니다. 그리고 expected_seqnum이라는 변수를 설정해 이 변수와 전달받은 패킷의 seqnum에 해당하는 인덱스에 들어있는 seqnum정보와 비교합니다. 이 변수를 설정한 이유는 제가 예상하는 seqnum이 제대로 들어왔는지 패킷에 들어있는 seqnum과 비교하기 위해서입니다. 일단 예상했던 값이 들어오지 않으면 들어온 값을 저장을 해두기는 하지만 layer5로 전달하는 과정은 진행하지 않습니다. 이 과정은 예상했던 seqnum이 들어왔을 때 한 번에 처리해주었습니다. 그럼 예상했던 seqnum이 들어왔을 때에서 데이터만 들어온 경우 ACK와 데이

터가 같이 들어온 경우를 나누어 데이터만 들어온 경우에는 해당 데이터를 layer5로 전달하고 패킷을 받았다는 출력문을 출력해주었습니다. 이 경우에는 타이머를 중지해주지 않았습니다. ACK와 데이터가 같이 들어온 경우에는 들어온 seqnum까지 반복문을 통해 계산을 해 이에 해당하는 데이터를 모두 layer5에 전달해주었고 send_base 또한 업데이트 해주었습니다. 그리고 타이머를 중지하고 이에 대한 출력문과 ACK를 받았다는 출력문을 해당하는 acknum과 함께 출력해주었습니다.

3) Timerinterrupt

Timerinterrupt 함수는 output 함수에서 패킷을 보낼 때 설정한 타이머의 시간보다 더 늦게 패킷이 전송되어 타이머 인터럽트가 발생했을 때 호출되는 함수입니다. 이 함수에서는 이전에 송신한 패킷이 ACK를 전달받지 못한 상황에서 호출되어 해당하는 패킷을 재전송하는 역할을 합니다. 이때 타이머도 같이 설정하여 보내줍니다.

먼저 이 함수에는 seqnum을 인자로 받아서 sender_A.snd 혹은 sender_B.snd 배열에서 해당 seqnum에 해당하는 패킷을 가져옵니다. 가져온 패킷의 정보를 출력합니다. 이때 packet.acknum과 packet.seqnum은 이전에 송신한 패킷의 ACK와 seqnum입니다. 출력은 해당 패킷의 ACK와 seqnum, 그리고 payload를 출력합니다. Payload를 출력하여 어떤 데이터가 보내지는 지 확인합니다. 그리고 패킷을 다시 레이어 3으로 재전송합니다. 재전송을 시작하면 타이머를 다시 설정하여 패킷의 재전송을 위한 타이머를 시작합니다.

4) Init

init() 함수는 수신 측 sender의 상태와 배열을 초기화하는 역할을 합니다. 이를 통해 receiver 측이 새로운 데이터 전송을 준비할 수 있도록 합니다. send_base, next_seqnum, expected_seqnum, receive_ack, send_ack, ack_check 등의 변수를 초기화합니다. 이 변수들은 수신 측의 상태를 추적

하고 제어하는 데 사용됩니다.

snd 배열과 rcv 배열을 초기화합니다. snd 배열은 sender에서 수신 측으로 보낸 패킷을 저장하는 배열이고, rcv 배열은 receiver 측에서 상위 계층으로 전달해야 하는 패킷을 저장하는 배열입니다. 각 배열의 요소들을 초기화하여 데이터가 올바르게 저장될 수 있도록 합니다.

4. Result

다음은 결과화면입니다.

```
----- Stop and Wait Network Simulator Version 1.1 -----  
Enter the number of messages to simulate: 20  
Enter packet loss probability [enter 0.0 for no loss]:0.2  
Enter packet corruption probability [0.0 for no corruption]:0.2  
Enter average time between messages from sender's layer5 [ > 0.0]:10  
Enter TRACE:2
```

결과 화면의 경우에 명시된 대로 message는 20개, loss probability는 0.2, corruption probability도 0.2로 두었고, trace level은 2이며 평균 시간은 10으로 설정해 두었습니다.

```
EVENT time: 0.935697, type: 1, fromlayer5 entity: 1  
TOLAYER3: packet1 being corrupted  
B_output : Send packet without ACK (seq = 1)  
B_output : aaaaaaaaaaaaaaaaaaaa  
seqnum:1  
acknum:999  
  
EVENT time: 5.026246, type: 2, fromlayer3 entity: 0  
seqnum:1  
acknum:999  
A_input : Fail to receive_packet Zaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
```

먼저 B에서 A로 ACK없이 데이터만 보냈으므로 ACK가 999로 설정되어 패킷을 보낸 것을 확인할 수 있습니다. 하지만 packet corrupt가 발생하여 A_input 입장에서 패킷을 정상적으로 받지 못한 모습을 확인할 수 있고 데이터 또한 잘못 전달된 것을 확인할 수 있습니다.

```

EVENT time: 13.373211, type: 1, fromlayer5 entity: 0
  TOLAYER3: packet1 being lost
A_output : Send packet without ACK (seq = 1)
A_output : bbbbbbbbbbbbbbbbbbb
seqnum:1
acknum:999

EVENT time: 20.516373, type: 1, fromlayer5 entity: 1
B_output : Send packet without ACK (seq = 2)
B_output : cccccccccccccccccc
seqnum:2
acknum:999

EVENT time: 29.728905, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:2
acknum:999
A_input : Receive_packet cccccccccccccccccc (seq: 2 ack: 999)

```

처음 출력문에서 A에서 B로 패킷을 전달하는 부분을 보면 seq 1으로 B에 패킷을 전달하는데 패킷이 lost되었다는 문장을 출력하면서 B_input 쪽에서 A_output이 보내는 패킷의 내용이 출력되는 부분을 확인할 수 없습니다. 이렇게 이 패킷은 lost되었다는 점을 확인할 수 있습니다. 다음 출력문에서 B_output에서 ACK없이 데이터만 보내는 것을 볼 수 있습니다. 그리고 다음에 A_input에서 B_output에서 보낸 패킷을 잘 수신하였다는 것을 볼 수 있습니다. 데이터의 내용도 잘 전달되었고 acknum과 seqnum또한 잘 전달된 모습을 확인할 수 있습니다.

```

EVENT time: 30.278023, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 2 ack: 2)
A_output : dddddddddddddddddd
seqnum:2
acknum:2

EVENT time: 30.935698, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999, seq = 1)
B_timerinterrupt : aaaaaaaaaaaaaaaaaa

EVENT time: 37.013611, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:2
acknum:2
B_input : Receive_packet dddddddddddddddd (seq: 2 ack: 2)

EVENT time: 39.698601, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:1
acknum:999
A_input : Receive_packet aaaaaaaaaaaaaaaaaa (seq: 1 ack: 999)

```

처음부터 보면 A_output에서 seq:2 ack:2와 함께 보낸 패킷이 세번째 출력문에서 B_input이 해당하는 패킷을 잘 받은 것을 확인할 수 있습니다. seq:2 ack:2와 데이터의 내용이 똑같은 것으로 보아 패킷이 잘 수신되었다는 것을 확인할 수 있습니다. 그리고 두번째 출력문에서는 설정한 타이머의 시간이 지났는데도 패킷을 받지 못해 timerinterrupt가 발생한 모습을 확인할 수 있습니다.

그래서 B_timerinterrupt에서 seq1의 aaaaaaaaaa데이터 내용을 가진 패킷을 재전송하는 모습을 확인할 수 있습니다. 그 후 네번째 출력문에서 재전송했던 패킷이 이제서야 A_input에서 해당하는 패킷을 잘 전달받은 모습을 확인할 수 있습니다. seq:1 ack:999와 데이터의 내용이 같은 모습을 확인할 수 있습니다.

```

EVENT time: 43.373211, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb

EVENT time: 46.366161, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 3 ack: 3)
A_output : eeeeeeeeeeeeeeeeeee
seqnum:3
acknum:3

EVENT time: 46.859493, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:1
acknum:999
B_input : Receive_packet bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 50.516373, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send packet with ACK (ACK = 999 , seq = 2)
B_timerinterrupt : cccccccccccccccccc

EVENT time: 51.573776, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:2
acknum:999
A_input : Receive_packet cccccccccccccccccc (seq: 2 ack: 999)

EVENT time: 52.229988, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:3
acknum:3
B_input : Receive_packet eeeeeeeeeeeeeeeeeee (seq: 3 ack: 3)

```

다음 부분을 확인해보겠습니다. 먼저 위에서 아직 전송 받은 패킷을 받지 못해 timeinterrupt가 발생한 모습을 확인할 수 있고 이를 통해 해당하는 패킷을 B로 재전송하는 모습을 확인할 수 있습니다. 이렇게 재전송한 패킷은 세번째 출력문에서 B_input에서 잘 전달 받은 모습을 확인할 수 있습니다.

두번째 출력문을 봤을 때 A_output에서 보낸 패킷은 마지막 출력문에서 B_input이 잘 받은 모습을 확인할 수 있습니다. 그리고 cccccccccccc의 데이터를 보낸 패킷에 대해 아직 받지 못해 B_timerinterrupt가 발생한 모습을 확인할 수 있으며 이 패킷은 재전송되어 바로 A_input쪽에서 잘 전달받은 모습을 확인할 수 있습니다.


```

EVENT time: 60.278023, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 2 , seq = 2)
A_timerinterrupt : ddddddddddddddddddd

EVENT time: 60.935699, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
B_timerinterrupt : aaaaaaaaaaaaaaaaaa
TOLAYER3: packet1 being lost

EVENT time: 61.986755, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 4 ack: 4)
A_output : ffffffffffffffffff
seqnum:4
acknum:4

EVENT time: 69.613052, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:2
acknum:2
B_input : stop timer.
B_input : Got ACK (ack = 2)

EVENT time: 73.373215, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbbb

EVENT time: 74.191956, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:4
acknum:4
B_input : Receive_packet ffffffffffffffffff (seq: 4 ack: 4)

EVENT time: 74.757530, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 5 ack: 5)
A_output : gggggggggggggggggggg
seqnum:5
acknum:5

```

다음 출력화면을 보겠습니다. 먼저 파란색 부분을 보면 처음에 전달한 패킷을 A와 B쪽에서 아직도 전달 받지 못해 설정한 timer의 시간이 지나 타이머를 다시 설정하고 패킷을 재전송하는 모습을 일단 확인할 수 있습니다.

그리고 빨간색 부분에서는 A쪽에서 재전송한 패킷을 B_input에서 잘 전달 받은 모습을 확인할 수 있습니다. 지금까지의 전달 받은 패킷들은 모두 예상했던 seqnum에 해당하는 패킷을 전달받지 못했는데 이번 경우에는 예상했던 seqnum에 해당하는 패킷을 잘 전달받아 send_base를 update하는 모습을 확인할 수 있습니다.

세번째 출력문과 6번째 출력문을 통해 seq가 4이고 데이터 ffffffffffffffff에 해당하는 패킷을 서로 주고받은 모습을 확인할 수 있습니다.

```

EVENT time: 75.929443, type: 1, fromlayer5 entity: 1
TOLAYER3: packet3 being lost
B_output : Send packet with ACK (seq: 3 ack: 3)
B_output : hhhhhhhhhhhhhhhhhhhhh
seqnum:3
acknum:3

EVENT time: 76.366165, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
A_timerinterrupt : eeeeeeeeeeeeeeeeeee

EVENT time: 81.934471, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:1
acknum:999
B_input : Receive_packet bbbbbbbbbbbbbbbbbbb (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 83.854332, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:5
acknum:5
B_input : Receive_packet gggggggggggggggggggg (seq: 5 ack: 5)

EVENT time: 85.434738, type: 1, fromlayer5 entity: 1
TOLAYER3: packet4 being corrupted
B_output : Send packet with ACK (seq: 4 ack: 4)
B_output : iiiiiiiiiiiiiiiiiii
seqnum:4
acknum:4

EVENT time: 88.861443, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:3
acknum:3
B_input : Receive_packet eeeeeeeeeeeeeeeeeee (seq: 3 ack: 3)

EVENT time: 90.173500, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:4
acknum:4
A_input : Fail to receive_packet Ziiiiiiiiiiiiiiiiiii

```

먼저 빨간색 부분을 확인해보면 A쪽에서 재전송한 패킷을 이번에는 B_input에서 잘 전달받은 모습을 확인할 수 있고 초록색 부분과 노란색 부분을 보면 위에서 전송했던 패킷을 지금 잘 박은 모습을 확인할 수 있습니다.

그리고 파란색 부분을 확인해보면 B_output쪽에서 보낸 패킷을 A_input쪽에서 corrupt가 나서 잘 전달 받지 못하는 모습을 확인할 수 있습니다. 데이터의 내용이 서로 달라 checksum이 달라 corrupt 발생함을 알 수 있습니다.

다음의 출력되는 화면은 위와 같은 과정으로 패킷을 서로 보내고 받는 과정이 있고, lost 되거나 corrupt 되었을 때는 timer가 작동하여 timeout이 되면 다시 그 때 부터의 packet을 재전송하는 과정을 계속 반복하는 모습을 보여줍니다. 이런 방식으로 패킷들을 잘 전송할 수 있게 합니다.

```

EVENT time: 91.986755, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
A_timerinterrupt : ffffffffffffffffffff

EVENT time: 92.082794, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:2
acknum:2
B_input : Receive_packet dddddddddddddddddd (seq: 2 ack: 2)

EVENT time: 96.631401, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:1
acknum:999
A_input : Receive_packet aaaaaaaaaaaaaaaaaa (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 99.936546, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:4
acknum:4
B_input : Receive_packet ffffffffffffffffffff (seq: 4 ack: 4)

EVENT time: 101.046173, type: 1, fromlayer5 entity: 1
TOLAYER3: packet5 being corrupted
B_output : Send packet with ACK (seq: 5 ack: 5)
B_output : jjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
seqnum:5
acknum:5

EVENT time: 103.373215, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
TOLAYER3: packet1 being lost

```

```

EVENT time: 104.757530, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
A_timerinterrupt : gggggggggggggggggggg
TOLAYER3: packet5 being lost

EVENT time: 105.929443, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
B_timerinterrupt : hhhhhhhhhhhhhhhhhhhh

EVENT time: 106.366165, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
A_timerinterrupt : eeeeeeeeeeeeeeeeeee

EVENT time: 109.870293, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 6 ack: 6)
A_output : kkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
seqnum:6
acknum:6

EVENT time: 110.562462, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:3
acknum:3
B_input : Receive_packet eeeeeeeeeeeeeeeeeee (seq: 3 ack: 3)

EVENT time: 110.569901, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:5
acknum:5
A_input : Fail to receive_packet Zjjjjjjjjjjjjjjjjjj

EVENT time: 111.460304, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet without ACK (seq = 7)
A_output : llllllllllllllllllll
seqnum:7
acknum:999

```

```

EVENT time: 112.106026, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:6
acknum:6
B_input : Receive_packet kkkkkkkkkkkkkkkkkk (seq: 6 ack: 6)

EVENT time: 114.910118, type: 1, fromlayer5 entity: 0
A_output : Send packet with ACK (seq: 8 ack: 8)
A_output : mmmmmmmmmmmmmmmmmmm
seqnum:8
acknum:8

EVENT time: 115.434738, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
B_timerinterrupt : iiiiiiiiiiiiiiiiii

EVENT time: 120.278023, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 2 , seq = 2)
A_timerinterrupt : dddddddddddddddddd

EVENT time: 120.818115, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:7
acknum:999
B_input : Receive_packet llllllllllllllllll (seq: 7 ack: 999)

EVENT time: 120.935699, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
B_timerinterrupt : aaaaaaaaaaaaaaaaaa

EVENT time: 121.986755, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
A_timerinterrupt : ffffffffffffffffffff

```

```

EVENT time: 122.683037, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:8
acknum:8
B_input : Receive_packet mmmmmmmmmmmmmmmmm (seq: 8 ack: 8)

EVENT time: 123.641716, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:4
acknum:4
A_input : Receive_packet iiiiiiiiiiiiiiiiii (seq: 4 ack: 4)

EVENT time: 129.120758, type: 1, fromlayer5 entity: 0

EVENT time: 131.046173, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
B_timerinterrupt : jjjjjjjjjjjjjjjjjj
TOLAYER3: packet5 being corrupted

EVENT time: 131.623734, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:1
acknum:999
A_input : Receive_packet aaaaaaaaaaaaaaaaaa (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 132.449020, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:2
acknum:2
B_input : Receive_packet dddddddddddddddddd (seq: 2 ack: 2)

EVENT time: 133.373215, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbb

EVENT time: 134.111237, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:4
acknum:4
B_input : Receive_packet ffffffffffffffffffff (seq: 4 ack: 4)

```

```

EVENT time: 135.929443, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
B_timerinterrupt : hhhhhhhhhhhhhhhhhhhhh

EVENT time: 136.366165, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
A_timerinterrupt : eeeeeeeeeeeeeeeeeee
TOLAYER3: packet3 being lost

EVENT time: 137.992645, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:5
acknum:5
A_input : Fail to receive_packet Zjjjjjjjjjjjjjjjjjjj

EVENT time: 139.548203, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:1
acknum:999
B_input : Receive_packet bbbbbbbbbbbbbbbbbbbb (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 139.652084, type: 1, fromlayer5 entity: 1
TOLAYER3: packet6 being lost
B_output : Send_packet with ACK (seq: 6 ack: 6)
B_output : oooooooooooooooooooooo
seqnum:6
acknum:6

EVENT time: 139.870300, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 6 , seq = 6)
A_timerinterrupt : kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
TOLAYER3: packet6 being corrupted

```

```

EVENT time: 140.574844, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:5
acknum:5
B_input : Receive_packet gggggggggggggggggggg (seq: 5 ack: 5)

EVENT time: 141.460297, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 7)
A_timerinterrupt : llllllllllllllllllll
TOLAYER3: packet7 being lost

EVENT time: 144.433792, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:3
acknum:3
A_input : Receive_packet hhhhhhhhhhhhhhhhhhhh (seq: 3 ack: 3)

EVENT time: 144.910126, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 8 , seq = 8)
A_timerinterrupt : mmmmmmmmmmmmmmmmmmmmm

EVENT time: 145.434738, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
B_timerinterrupt : iiiiiiiiiiiiiiiiii

EVENT time: 146.445999, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:4
acknum:4
A_input : Receive_packet iiiiiiiiiiiiiiiiii (seq: 4 ack: 4)

EVENT time: 148.891968, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:999999
acknum:6
B_input : Fail to receive_packet kkkkkkkkkkkkkkkkkkkk

EVENT time: 149.845871, type: 1, fromlayer5 entity: 1
B_output : Send_packet without ACK (seq = 7)

```

```

EVENT time: 150.278015, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 2 , seq = 2)
A_timerinterrupt : ddddddddddddddddddd

EVENT time: 150.935699, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
B_timerinterrupt : aaaaaaaaaaaaaaaaaaa
TOLAYER3: packet1 being corrupted

EVENT time: 151.986755, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
A_timerinterrupt : ffffffffffffffffffff
TOLAYER3: packet4 being corrupted

EVENT time: 152.977020, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:8
acknum:8
B_input : Receive_packet mmmmmmmmmmmmmmmmm (seq: 8 ack: 8)

EVENT time: 153.584290, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:7
acknum:999
A_input : Receive_packet pppppppppppppppppp (seq: 7 ack: 999)

EVENT time: 158.016891, type: 1, fromlayer5 entity: 0

EVENT time: 160.163040, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:1
acknum:999
A_input : Fail to receive_packet Zaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

```

EVENT time: 161.046173, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
B_timerinterrupt : jjjjjjjjjjjjjjjjjjj

EVENT time: 162.776245, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:2
acknum:2
B_input : Receive_packet dddddddddddddddddd (seq: 2 ack: 2)

EVENT time: 163.373215, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbbb

EVENT time: 164.757538, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
A_timerinterrupt : gggggggggggggggggggg
TOLAYER3: packet5 being corrupted

EVENT time: 164.861588, type: 1, fromlayer5 entity: 0

EVENT time: 165.667374, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:5
acknum:5
A_input : Receive_packet jjjjjjjjjjjjjjjjjj (seq: 5 ack: 5)

EVENT time: 165.929443, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
B_timerinterrupt : hhhhhhhhhhhhhhhhhhhh
TOLAYER3: packet3 being corrupted

EVENT time: 166.366165, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
A_timerinterrupt : eeeeeeeeeeeeeeeeeee

```

```

EVENT time: 167.392227, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:4
acknum:4
B_input : Fail to receive_packet Zfffffffffffffffffffff

EVENT time: 169.652084, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 6 , seq = 6)
B_timerinterrupt : oooooooooooooooooooooo
TOLAYER3: packet6 being lost

EVENT time: 169.870300, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 6 , seq = 6)
A_timerinterrupt : kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk

EVENT time: 170.415787, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:3
acknum:3
A_input : Fail to receive_packet Zhhhhhhhhhhhhhhhhhhhh

EVENT time: 171.460297, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 7)
A_timerinterrupt : llllllllllllllllllll

EVENT time: 174.910126, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 8 , seq = 8)
A_timerinterrupt : mmmmmmmmmmmmmmmmmmmmm
TOLAYER3: packet8 being corrupted

EVENT time: 175.434738, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
B_timerinterrupt : iiiiiiiiiiiiiiiiii
TOLAYER3: packet4 being corrupted

```

```

EVENT time: 177.097229, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:1
acknum:999
B_input : Receive_packet bbbbbbbbbbbbbbbbbbb (seq: 1 ack: 999)

EVENT time: 179.627670, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:5
acknum:5
B_input : Fail to receive_packet Zggggggggggggggggggg

EVENT time: 179.845871, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 7)
B_timerinterrupt : pppppppppppppppppppp

EVENT time: 180.278015, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 2 , seq = 2)
A_timerinterrupt : dddddddddddddddddd

EVENT time: 180.935699, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
B_timerinterrupt : aaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
TOLAYER3: packet1 being corrupted

EVENT time: 181.986755, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 4 , seq = 4)
A_timerinterrupt : ffffffffffffffffffff
TOLAYER3: packet4 being lost

EVENT time: 182.921692, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:3
acknum:3
B_input : Receive_packet eeeeeeeeeeeeeeeeeee (seq: 3 ack: 3)

```

```

EVENT time: 183.763123, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:4
acknum:4
A_input : Fail to receive_packet Ziiiiiiiiiiiiiiiiiii

EVENT time: 183.947250, type: 1, fromlayer5 entity: 1
TOLAYER3: packet8 being corrupted
B_output : Send packet with ACK (seq: 8 ack: 8)
B_output : sssssssssssssssssss
seqnum:8
acknum:8

EVENT time: 186.743896, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:6
acknum:6
B_input : Receive_packet kkkkkkkkkkkkkkkkkk (seq: 6 ack: 6)

EVENT time: 190.113358, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:7
acknum:999
A_input : Receive_packet pppppppppppppppppp (seq: 7 ack: 999)

EVENT time: 191.046173, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
B_timerinterrupt : jjjjjjjjjjjjjjjjjj
TOLAYER3: packet5 being corrupted

EVENT time: 193.373215, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 1)
A_timerinterrupt : bbbbbbbbbbbbbbbbbbb

EVENT time: 193.565735, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:7
acknum:999
B_input : Receive_packet llllllllllllllllll (seq: 7 ack: 999)

EVENT time: 194.757538, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 5 , seq = 5)
A_timerinterrupt : gggggggggggggggggggg

```

```

EVENT time: 195.409790, type: 2, fromlayer3 entity: 1
seqnum:8
acknum:8
B_input : Fail to receive_packet Zmmmmmmmmmmmmmmmmmm

EVENT time: 195.929443, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
B_timerinterrupt : hhhhhhhhhhhhhhhhhh
TOLAYER3: packet3 being corrupted

EVENT time: 196.366165, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 3 , seq = 3)
A_timerinterrupt : eeeeeeeeeeeeeeeeeee

EVENT time: 199.033096, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:999999
acknum:999
A_input : Fail to receive_packet aaaaaaaaaaaaaaaaaa

EVENT time: 199.652084, type: 0, timerinterrupt entity: 1
B_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 6 , seq = 6)
B_timerinterrupt : ooooooooooooooooooooo

EVENT time: 199.870300, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 6 , seq = 6)
A_timerinterrupt : kkkkkkkkkkkkkkkkkkk
TOLAYER3: packet6 being corrupted

EVENT time: 200.981247, type: 2, fromlayer3 entity: 0
seqnum:8
acknum:8
A_input : Fail to receive_packet Zsssssssssssssssss

```



```

EVENT time: 201.460297, type: 0, timerinterrupt entity: 0
A_timerinterrupt : Send_packet with ACK (ACK = 999 , seq = 7)
A_timerinterrupt : llllllllllllllllllll
                TOLAYER3: packet7 being corrupted

EVENT time: 202.438416, type: 1, fromlayer5 entity: 1
                TOLAYER3: packet9 being corrupted
B_output : Send packet without ACK (seq = 9)
B_output : tttttttttttttttttttttt
seqnum:9
acknum:999

EVENT time: 204.497742, type: 2, fromlayer3 entity: 0
Simulator terminated at time 204.497742
after sending 20 msgs from layer5

```

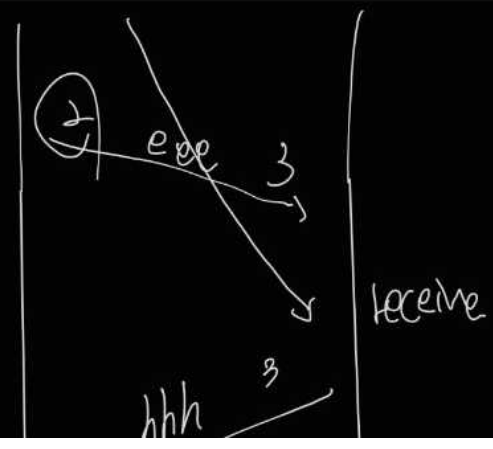
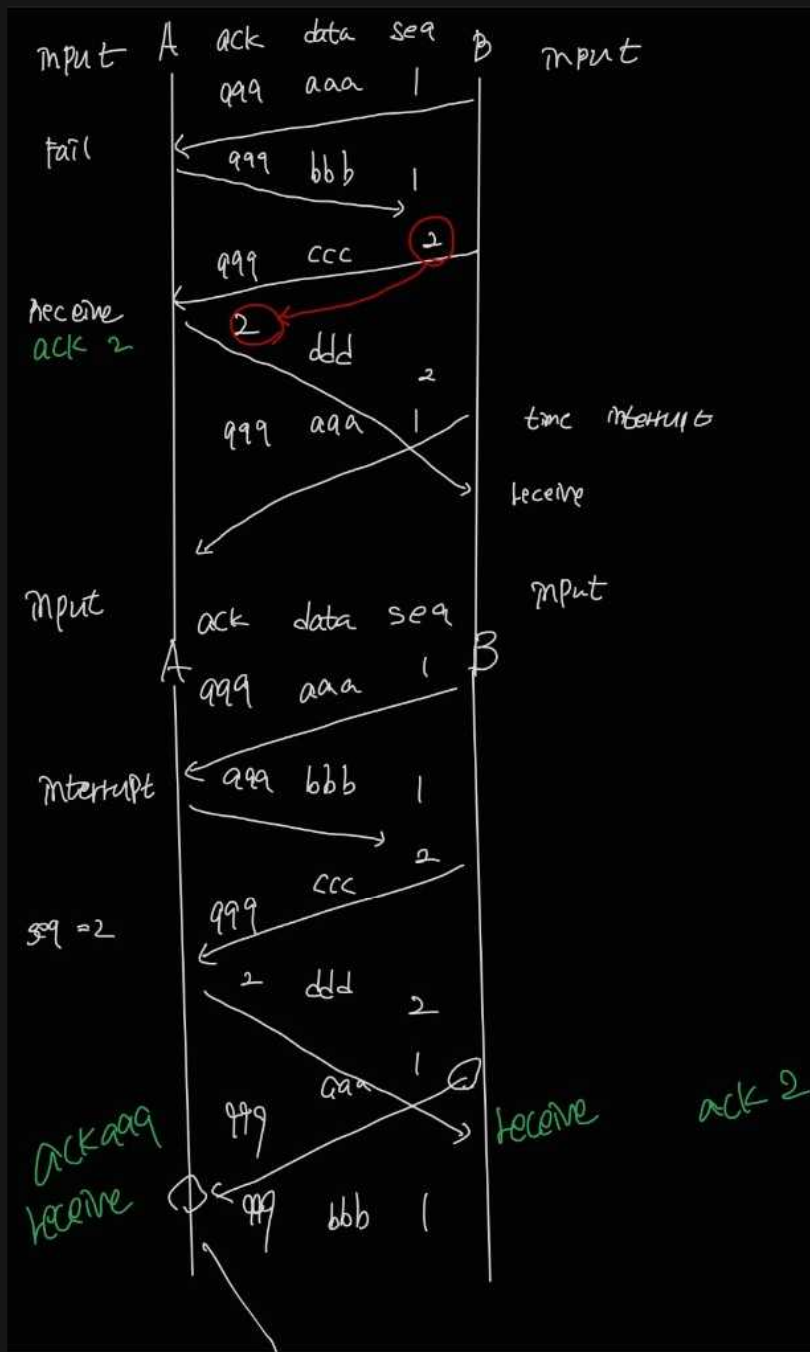
위에서 패킷을 주고받는 과정이 반복되어 모든 송 수신 과정이 끝난 모습을 확인할 수 있습니다.

5. Analysis

이번 과제는 bidirectional selective repeat 프로토콜을 구현하는 과제였습니다. 과제 설명이 길고 영어로 되어 있어서 처음에는 이해하는데 쉽지 않았습니다. 그러나 교수님께서 수업하신 내용이 영상으로 올라와 있어서 다시한번 살펴보고, 과제 제안서도 여러 번 보아 과제 이해를 할 수 있었습니다. 또한 bidirectional selective repeat 과제 관련 영상을 보고 쉽게 추가적인 이해에 도움이 많이 되었습니다.

input, output을 구현하는 과정에서 조교님께서 올려 주신 자료가 많은 도움이 되었으며 어떠한 변수를 어느 타이밍에 증가시켜야 할지, 특정 함수를 언제 호출해야 할지가 헷갈렸는데, 인터넷 강의와 자료를 통해 쉽게 파악할 수 있었습니다. 또한 checksum을 구하는 과정에서 사실 중간고사 내용이라서 checksum 연산 과정이 기억도 가물가물하고 살짝 헷갈린 감이 없진 했는데 이렇게 과제를 통해 다시 한번 중간고사 내용을 상기시킬 수 있어서 좋았습니다. bidirectional selective repeat 프로토콜에 대해서 수업시간에 제대로 다룬 적이 없었지만 그래도 이번 과제를 통하여 조금이나마 이해도가 높아진 것

같습니다. 그리고 piggy back방식에 대해서도 처음에는 처음 듣는 용어라 이게 무슨 방식인지 아예 이해가 가지 않았는데 이번 과제를 진행하면서 많은 내용을 찾아보고 이 piggy back방식에 대해서도 찾아보았는데 생각보다 엄청 간단하고 훨씬 효율적인 방식이라는 점 또한 알았습니다.



결과를 확인할 때는 패킷의 흐름을 파악하기 위하여 모두 직접 그림을 그려 보면서 과제를 진행하였습니다. 훨씬 이해도 쉬웠으며 수월하게 진행할 수 있었습니다.

그리고 과제를 진행하면서 고전한 부분이 있었는데 타이머를 설정해주는 부분에서 starttimer함수의 두번째 인자에 시간을 넣는 부분이 있는데 이 부분에 30을 넣고 진행하였는데 프로그램을 실행시키면 timeinterrupt함수에서 재전송하고 타이머를 다시 설정해주는 부분에서 무한반복이 실행되어 중간에 고난을 많이 겪었습니다. 그래서 한동안은 timer관련한 부분은 신경 쓰지 않으려 모두 주석처리 해놓고 진행하기도 했습니다. 며칠동안 이유를 찾지 못하다가 두번째 인자의 type을 봤는데 float형으로 되어 있었습니다. 하지만 저는 int형을 인자로 받고 있었고 이를 호출하는 과정에서 오류가 있었던 것이었습니다. 이런 실수적인 오류 때문에도 결과에 그렇게 큰 파장을 일으킬 수 있구나를 다시 한번 느꼈고 기본을 중요시해야 하는구나 또한 느낄 수 있었던 과정이었습니다.