南開大學
Nankai University

计算机学院

计算机网络实验报告

实验 3-4 性能对比实验

姓名：彭钰钊

学号：2110756

专业：计算机科学与技术

2023 年 12 月 22 日

目录

1 实验要求

在前三次实验中我们基于 UDP 服务分别实现了三种机制的可靠传输方式。

在本次实验中我将采用控制变量法，基于给定的实验测试环境，通过改变延时和丢包率，完成下面 3 组性能对比实验：

（1）停等机制与滑动窗口机制性能对比；

（2）滑动窗口机制中不同窗口大小对性能的影响（累计确认和选择确认两种情形）；

（3）滑动窗口机制中相同窗口大小情况下，累计确认和选择确认的性能比较。

2 实验内容

2.1 协议设计

事实上，我们在前三次的实验中已经完成了协议的设计，具体包括：报文格式、建立连接与断开连接、差错检测、超时重传、停等协议、GBN 协议、选择重传（SR）协议等。

2.2 实现方法

关于实现的方法也在前面的几次实验报告中有较为详细的说明，故不在此做过多的赘述，可参考仓库。

3 实验结果及分析

本次实验采用控制变量的方法进行性能测试，对于三组实验而言，有以下变量始终相同：

1. 报文格式
2. 超时时间
3. 端口号
4. 测试文件——选取测试文件 2.jpg

另外，对于丢包率和延时，我们基于以下原则控制变量：

- 延时为 0，调整丢包率
- 丢包率为 0，调整延时

采用路由转发程序实现丢包率和延时的控制变量。

3.1 停等机制与滑动窗口机制性能对比

固定滑动窗口大小为 5，进行测试。

3.1.1 保证延时一致的实验结果

延时 0ms		丢包率 0%	丢包率 1%	丢包率 3%	丢包率 5%	丢包率 7%
停等机制	传输时间 (s)	3	12	23	38	52
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	256457	155224	113433
滑动窗口（GBN 协议）	传输时间 (s)	3	12	28	47	74
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	210661	125500	79709.5
滑动窗口（SR 协议）	传输时间 (s)	3	12	23	37	50
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	256457	159419	117970

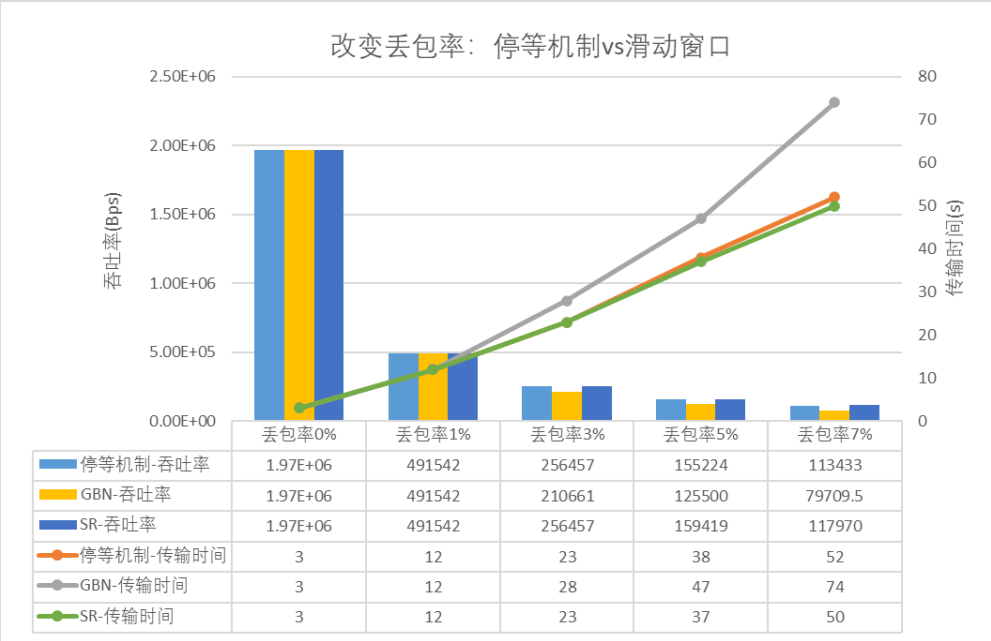


图 3.1: 改变丢包率

3.1.2 保证丢包率一致的实验结果

丢包率 0%		延时 0ms	延时 5ms	延时 10ms	延时 15ms	延时 20ms
停等机制	传输时间 (s)	3	11	19	20	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	536228	310448	294925	280881
滑动窗口（GBN 协议）	传输时间 (s)	3	13	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	453731	310448	310448	280881
滑动窗口（SR 协议）	传输时间 (s)	3	14	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	421322	310448	310448	280881

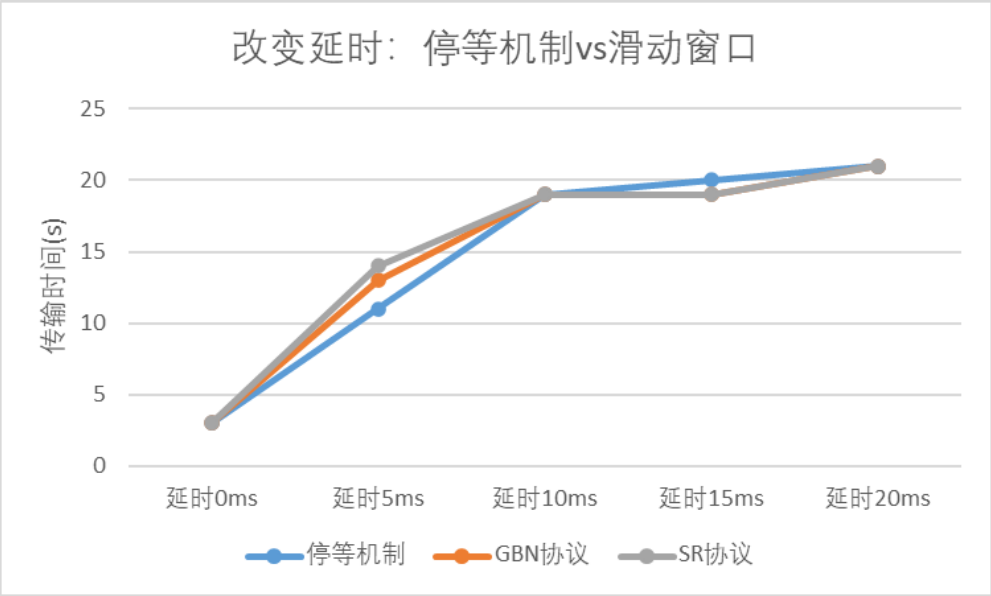
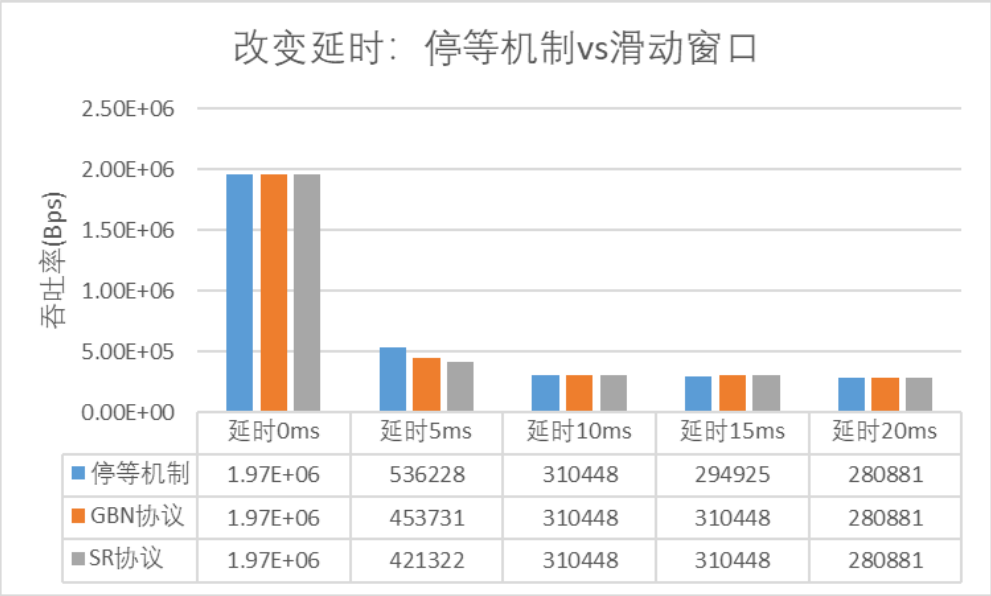


图 3.2: 改变延时



	延时0ms	延时5ms	延时10ms	延时15ms	延时20ms
停等机制	1.97E+06	536228	310448	294925	280881
GBN协议	1.97E+06	453731	310448	310448	280881
SR协议	1.97E+06	421322	310448	310448	280881

图 3.3: 改变延时

3.1.3 实验结果分析

根据得出的实验结果数据，我们可以对停等机制和滑动窗口机制（GBN 和 SR 协议）在不同丢包率和延时条件下的性能进行详细分析。

1. **停等机制：**

   - 在丢包率为 0% 的情况下，停等机制的传输时间随着延时的增加而略微增加，但吞吐率相对较高。
   - 随着丢包率的增加，传输时间和吞吐率都受到显著的影响。在丢包率较高的情况下，停等机制的性能下降明显，传输时间增加，吞吐率降低。

2. **滑动窗口（GBN 协议）：**

   - 在丢包率为 0% 时，GBN 协议的性能与停等机制相当，传输时间和吞吐率相似。
   - 随着延时的增加，GBN 协议的传输时间和吞吐率也略微增加，但在低丢包率的情况下性能相对较好。
   - 在较高的丢包率下，GBN 协议的吞吐率下降更为显著，传输时间增加。

3. **滑动窗口（SR 协议）：**

   - SR 协议在丢包率为 0% 时，传输时间和吞吐率与停等机制相近。
   - 随着延时和丢包率的增加，SR 协议相对于 GBN 协议表现更好，传输时间增加相对较慢，吞吐率下降相对较少。

综合分析：

在理想情况下（丢包率为 0%），停等机制、GBN 协议和 SR 协议性能相近，但 SR 协议相对更具优势。在高延时和高丢包率的情况下，停等机制的性能下降最为显著，GBN 协议次之，而 SR 协议相对更为稳定。

分析原因：

- **停等机制：**

  停等机制中，每次发送一个数据包后必须等待确认，如果发生丢包，整个传输过程会被阻塞，导致传输时间增加; 随着丢包率的增加，需要等待确认的次数增多，因此吞吐率降低。

- **滑动窗口（GBN 协议）：**

  GBN 协议允许发送方在一定窗口内发送多个数据包，但如果出现丢包，需要重传窗口内的所有数据包，因此丢包率对性能的影响较大；随着丢包率的增加，重传次数增多，导致传输时间增加，并降低吞吐率。

- **滑动窗口（SR 协议）：**

  SR 协议相比 GBN 协议更加灵活，可以选择性地重传丢失的数据包，减小了丢包的影响；尽管 SR 协议表现相对较好，但仍然受到丢包率的制约，因为每次重传都会引入一定的延迟。

总体而言，滑动窗口机制（特别是 SR 协议）相对于停等机制在不同网络条件下表现更为稳定和鲁棒。

3.2 滑动窗口机制中不同窗口大小对性能的影响（累计确认和选择确认两种情形）

3.2.1 累计确认

实验数据如下所示：

延时 0ms		丢包率 0%	丢包率 1%	丢包率 3%	丢包率 5%	丢包率 7%
窗口 N=1	传输时间 (s)	3	14	27	39	53
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	421322	218463	151244	111293
窗口 N=3	传输时间 (s)	3	13	28	42	62
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	453731	210661	140441	95137.2
窗口 N=5	传输时间 (s)	3	12	28	47	74
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	210661	125500	79709.5
窗口 N=7	传输时间 (s)	3	14	31	56	99
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	421322	190274	105330	59580.9
窗口 N=9	传输时间 (s)	3	101	111	109	99
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	58401	53139.7	54114.7	59580.9
丢包率 0%		延时 0ms	延时 5ms	延时 10ms	延时 15ms	延时 20ms
窗口 N=1	传输时间 (s)	3	19	19	19	28
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	3140448	3140448	3140448	210661
窗口 N=3	传输时间 (s)	3	19	19	20	24
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	3140448	3140448	294925	245771
窗口 N=5	传输时间 (s)	3	13	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	453731	310448	310448	280881
窗口 N=7	传输时间 (s)	3	18	19	20	26
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	327695	310448	294925	226866
窗口 N=9	传输时间 (s)	3	110	111	112	124
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	53622.8	53139.7	52665.2	47568.6

根据以上实验结果数据，我们可以对滑动窗口机制中不同窗口大小对性能的影响进行分析：

1. **窗口大小对延时的影响：**
   - 随着窗口大小的增加，传输时间在一些情况下有所增加。例如，在延时为 0ms 且丢包率为 0% 的情况下，窗口大小为 9 时，传输时间显著增加。
   - 在某些情况下，较小的窗口大小可能导致较长的传输时间，例如在延时为 5ms 时，窗口大小为 1 时的传输时间较长。
2. **窗口大小对吞吐率的影响：**
   - 在丢包率为 0% 的情况下，随着窗口大小的增加，吞吐率有时会提高。例如，窗口大小为 5 时在延时为 0ms 时吞吐率较高。
   - 然而，在某些情况下，窗口大小的增加并没有显著提高吞吐率，甚至可能导致吞吐率下降。例如，在延时为 15ms 时，窗口大小为 9 时的吞吐率相对较低。
3. **丢包率对性能的影响：**
   - 随着丢包率的增加，不同窗口大小下的性能都受到了影响。在高丢包率的情况下，传输时间显著增加，吞吐率下降。

实验结果数据可视化如下所示：

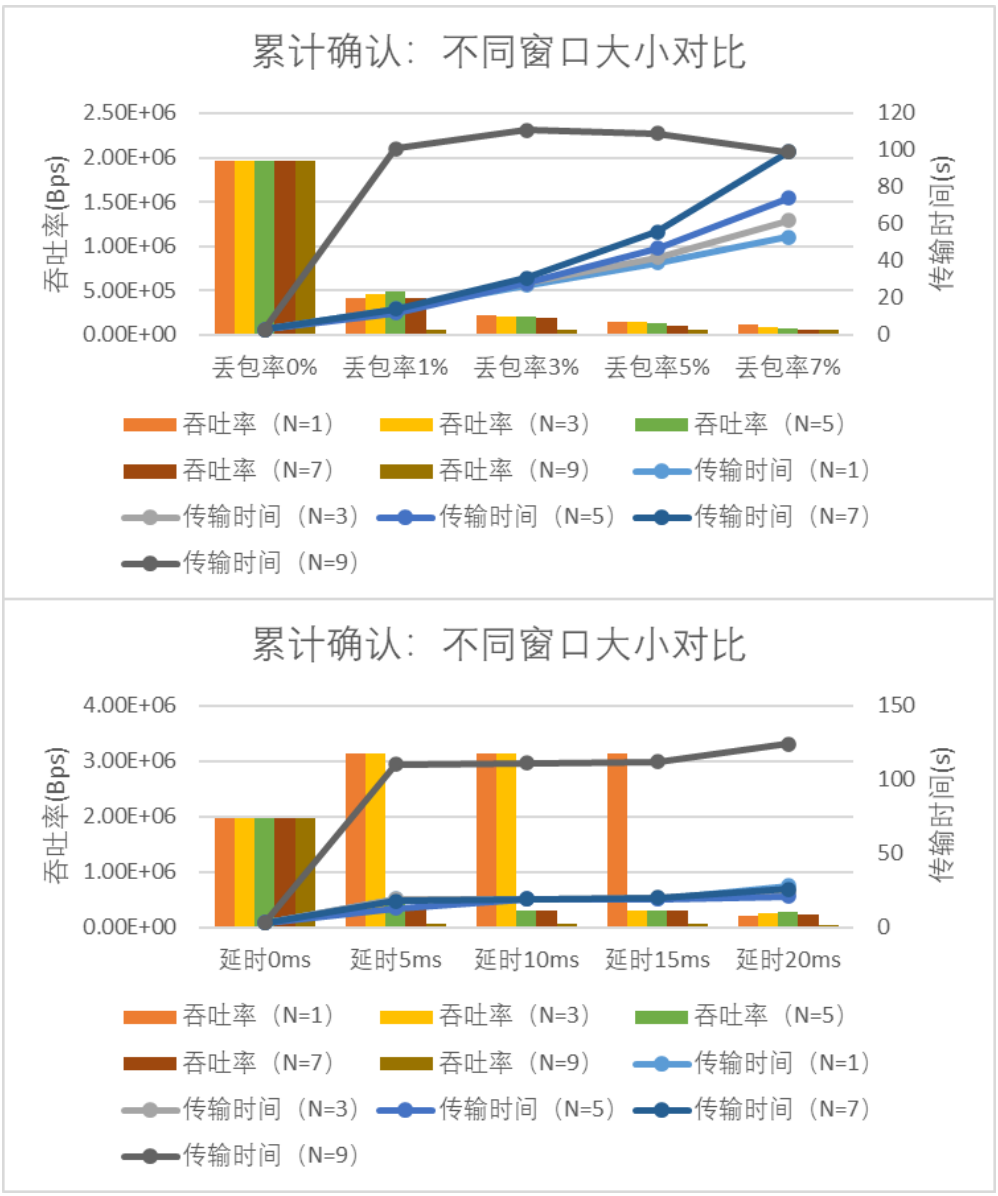


图 3.4: 累计确认：不同窗口大小对比

综合分析：

较小的窗口大小可能会导致较高的传输时间，但在某些情况下能够提高吞吐率。较大的窗口大小在低延时和低丢包率条件下可能表现较好，但在高延时和高丢包率条件下可能表现较差。选择合适的窗口大小需要综合考虑网络条件，以平衡传输时间和吞吐率的需求。原因分析：

较小的窗口大小可能导致网络未充分利用，影响吞吐率。较小的窗口大小在高延时条件下可能更为稳定，减少了等待确认的时间。较大的窗口大小可能在高丢包率和高延时条件下引入更多的重传，降低了整体性能。同时，在低延时、低丢包率下，较大窗口可以更好地利用带宽，提高吞吐率。在高延时、高丢包率下，较大窗口可能导致更多的重传，影响性能。

3.2.2 选择确认

实验数据如下所示：

延时 0ms		丢包率 0%	丢包率 1%	丢包率 3%	丢包率 5%	丢包率 7%
窗口 N=1	传输时间 (s)	3	9	24	37	51
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	655389	245771	159419	115657
窗口 N=3	传输时间 (s)	3	11	24	38	50
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	536228	245771	155224	117970
窗口 N=5	传输时间 (s)	3	12	23	37	50
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	256457	159419	117970
窗口 N=7	传输时间 (s)	3	12	23	35	47
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	491542	256457	168529	125500
窗口 N=9	传输时间 (s)	3	37	41	36	47
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	159419	143866	163847	125500
丢包率 0%		延时 0ms	延时 5ms	延时 10ms	延时 15ms	延时 20ms
窗口 N=1	传输时间 (s)	3	15	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	393234	310448	310448	280881
窗口 N=3	传输时间 (s)	3	15	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	393234	310448	310448	280881
窗口 N=5	传输时间 (s)	3	14	19	19	21
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	421322	310448	310448	280881
窗口 N=7	传输时间 (s)	3	14	19	20	22
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	421322	310448	294925	268114
窗口 N=9	传输时间 (s)	3	70	70	71	72
	吞吐率 (B/s)	1.97E+06	84264.4	84264.4	83077.5	81923.7

实验结果数据可视化如下所示：

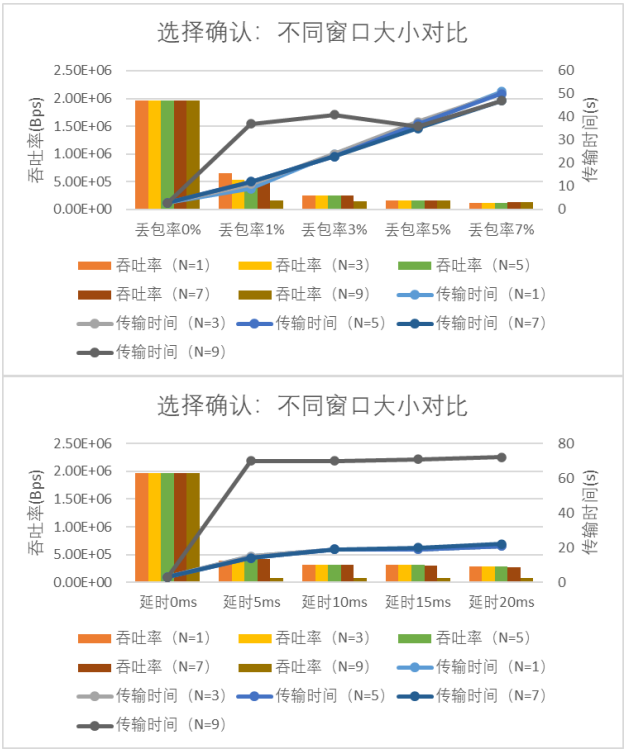


图 3.5: 选择确认：不同窗口大小对比

根据实验数据分析可知，随着窗口大小的增加，传输时间相对减小，吞吐率相对增加。窗口大小

的增加有助于更好地利用网络带宽，提高数据传输效率。在延时较低的情况下，窗口大小的增加对传输时间和吞吐率的影响相对较小，性能相对稳定。但在较高的延时条件下，窗口大小的选择对传输时间和吞吐率有更为显著的影响。

随着延时的增加，窗口大小较大时，传输时间相对较小，但吞吐率可能出现下降。窗口大小较小时，吞吐率相对更为稳定。在不同丢包率条件下，窗口大小的选择对性能的影响也较为明显。较小的窗口大小在较高丢包率下可能表现得更为稳定，但在较低丢包率下可能无法充分利用网络带宽。其原因与累计确认是相似的，在此不再过多赘述。

3.3 滑动窗口机制中相同窗口大小情况下，累计确认和选择确认的性能比较

本部分实验复用上一小节的实验数据继续分析对比如下：

- **累计确认性能分析：**

  在丢包率为 0% 的情况下，累计确认的传输时间随着延时和丢包率的增加而逐渐增加，吞吐率逐渐下降。随着窗口大小的增加，传输时间增加，吞吐率下降。这是因为累计确认的机制导致了更多的数据包需要在发生丢失时进行重传，增加了传输时间。在高丢包率和高延时的情况下，性能下降更为显著。

- **选择确认性能分析：**

  选择确认在丢包率为 0% 时表现较好，传输时间相对较小，吞吐率相对较高。随着延时和丢包率的增加，选择确认的传输时间也会增加，吞吐率下降。然而，相对于累计确认，选择确认在一些情况下仍然能够保持较好的性能。在高丢包率和高延时的情况下，选择确认相对于累计确认表现得更为鲁棒。

性能对比原因解释：

累计确认需要在发生丢失时重传整个未确认的范围，导致了传输时间的增加。而选择确认允许选择性地确认已接收到的数据包，减小了重传的数据量，因此在高丢包率情况下更为高效。在低丢包率和低延时的情况下，累计确认可能表现得更为接近选择确认，因为重传的开销相对较小。在高丢包率和高延时的情况下，选择确认相对于累计确认表现更好，因为它能够最小化重传的数据量，提高网络利用率。