

南开大学

《计算机网络》课程实验报告

实验 3



学 院_____网络空间安全学院
专 业_____信息安全
学 号_____2112060
姓 名_____孙璐

一、实验要求：

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。

对比时要控制单一变量（算法、窗口大小、延时、丢包率）；延时、丢包率对比设置：要有梯度（例如 30ms, 50ms, ...；5%, 10%, ...）

二、实验过程

1. jpg 作为传输文件

Max_Size=2048

MAX_TIME=1000

（一） 停等机制与滑动窗口机制性能对比

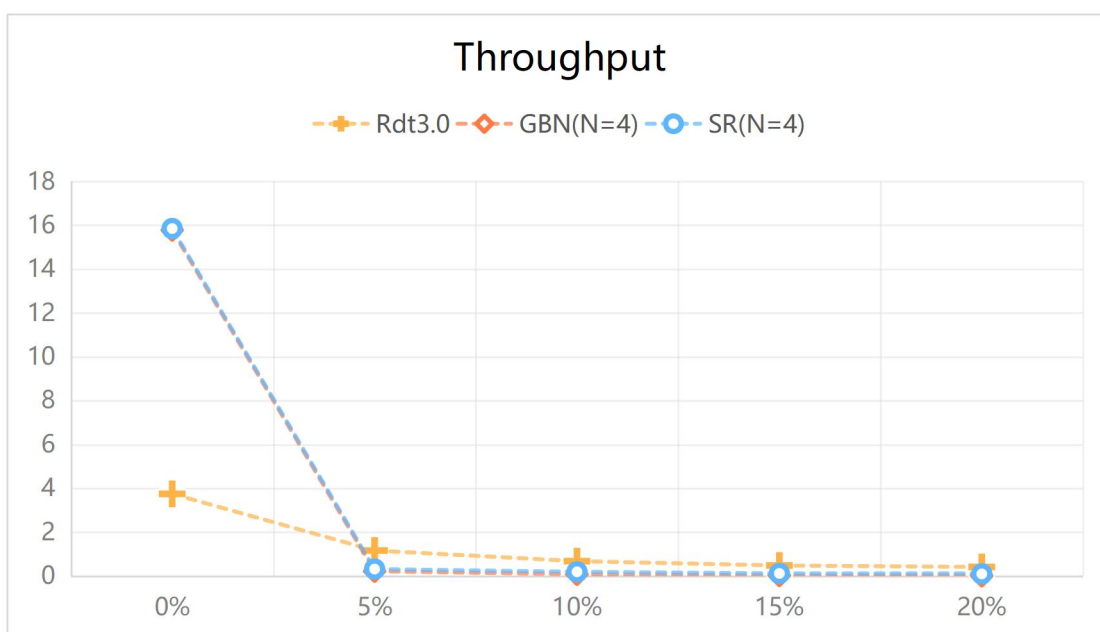
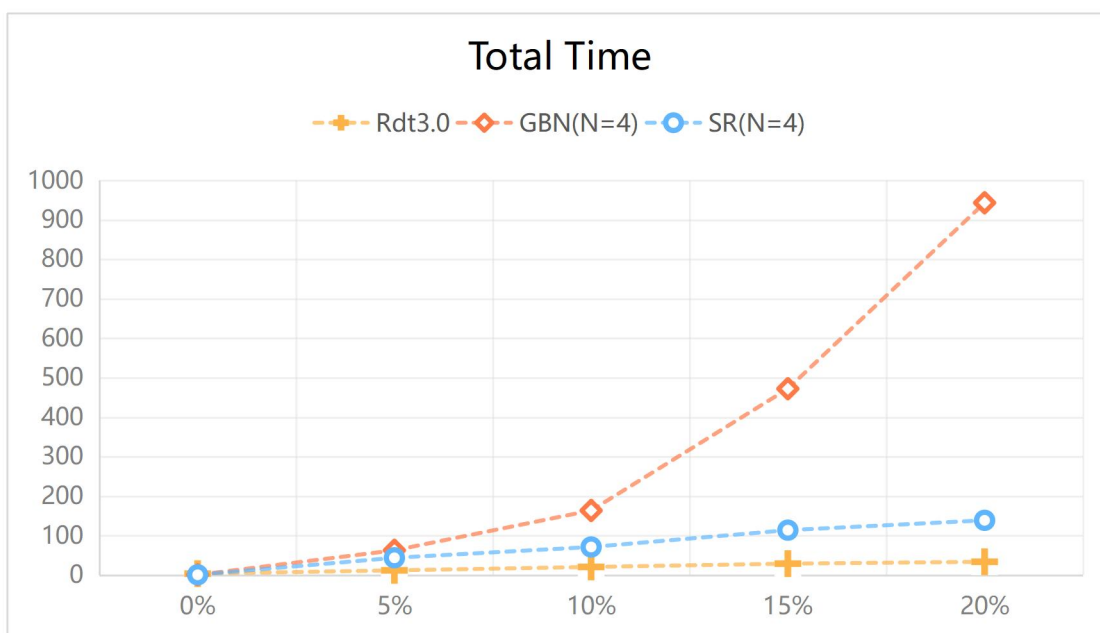
A. 延时为 0ms，以丢包率作为变量

Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
Rdt3.0	3.777s	12.124s	20.749s	29.144s	33.839s
GBN(N=4)	0.898s	62.914s	163.773s	472.219s	943.3s
SR(N=4)	0.894s	43.959s	71.357s	113.948s	138.892s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
Rdt3.0	3.75178Mbps	1.1688Mbps	0.682948Mbps	0.486223Mbps	0.418762Mbps
GBN(N=4)	15.78Mbps	0.225236Mbps	0.0865251Mbps	0.0300083Mbps	0.0150222Mbps
SR(N=4)	15.8506Mbps	0.322357Mbps	0.198586Mbps	0.124359Mbps	0.102025Mbps



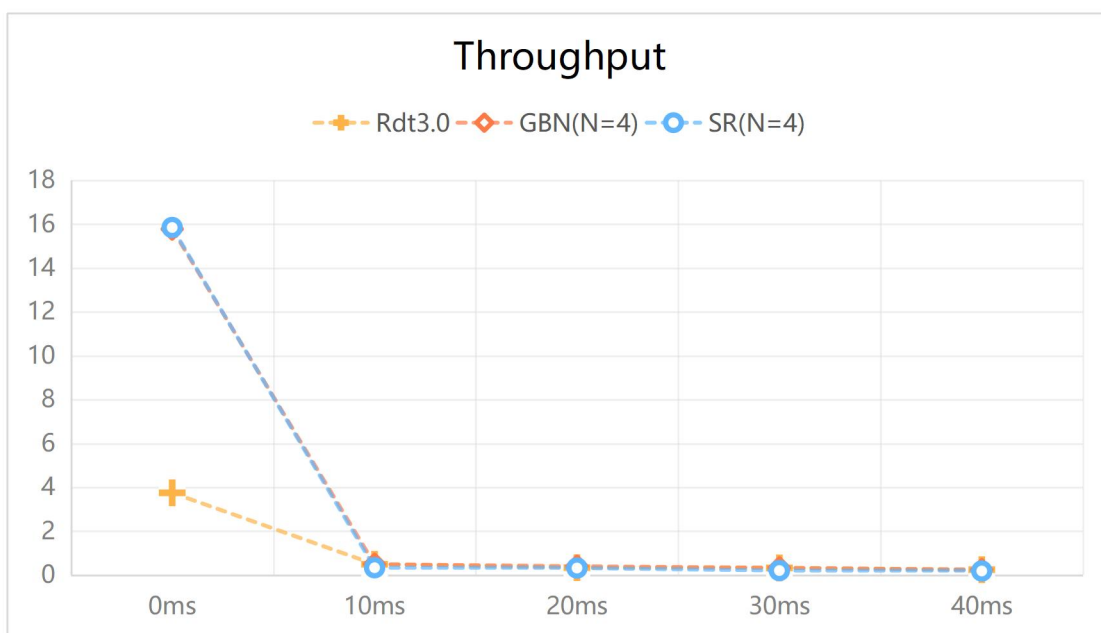
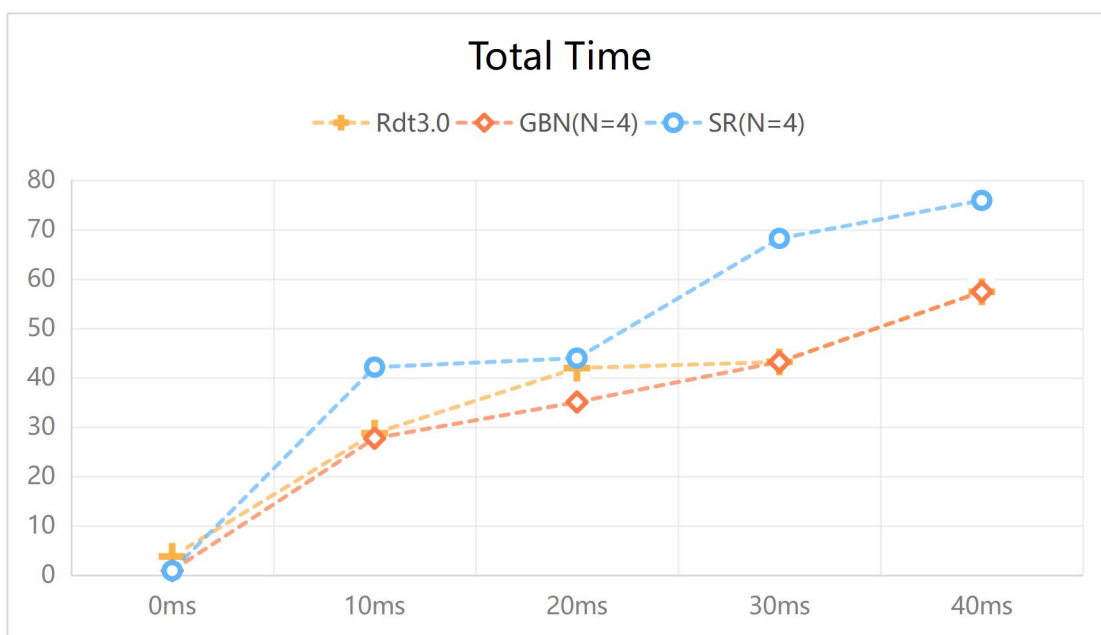
B. 丢包率为 0%，以延时作为变量

Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
Rdt3.0	3.777s	28.759s	41.956s	43.194s	57.424s
GBN (N=4)	0.898s	28.732s	35.085s	43.205s	57.432s
SR (N=4)	0.894s	42.14s	43.972s	68.237s	75.939s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
Rdt3.0	3.75178Mbps	0.492732Mbps	0.337746Mbps	0.3280666Mbps	0.246769Mbps
GBN (N=4)	15.78Mbps	0.493195Mbps	0.40389Mbps	0.327982Mbps	0.246735Mbps
SR (N=4)	15.8506Mbps	0.336271Mbps	0.322261Mbps	0.20766Mbps	0.186603Mbps



分析:

1. 停等机制发送方发送一帧后必须等待确认才能发送下一帧；GBN 允许发送方一次发送多个帧，但一旦发生丢包，要求重新传输从丢失帧

开始之后的所有帧；SR 允许发送方一次发送多个帧，如果发生丢包，发送方只需要重新传输丢失的帧。

2. 不论采用哪种机制，以丢包率为变量时，随着丢包率的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势；以延时为变量时，随着延时的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势。

3. 以丢包率作为变量时，两种机制的性能都随着丢包率的增加呈现下降趋势。其中滑动窗口机制对丢包率更为敏感，其一旦丢包会导致整个窗口内的包重传，消耗较大。Rdt3.0 一次只发送一个帧，收到确认后才发送下一个帧，丢包重传的数据量实际上小于 GBN。SR 相对 GBN 表现更稳定，SR 只需重传丢失的帧，更有效率。

4. 以延时作为变量时，两种机制的性能都随着延时的增加呈现下降趋势。其中停等机制对延时更为敏感，延时的增大会导致等待时间的增大，进而导致总传输时间增加。

5. 窗口（N=4）窗口较小，网络利用率较低，可能不能很好的利用网络带宽。滑动窗口机制还有额外的开销，如维护缓存、处理帧的乱序等，也需要额外的时间。此外，由于 SR 与 GBN、Rdt3.0 数据的测量在不同时空条件进行的，网络条件可能不一致，导致 SR 的传输时间比 Rdt3.0 和 GBN 都长。

6. 在丢包率过大、延时过大的情况下，路由器可能会出现无故的丢包现象。

（二） 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）

A. 累计确认

a. 延时为 0，以丢包率作为变量

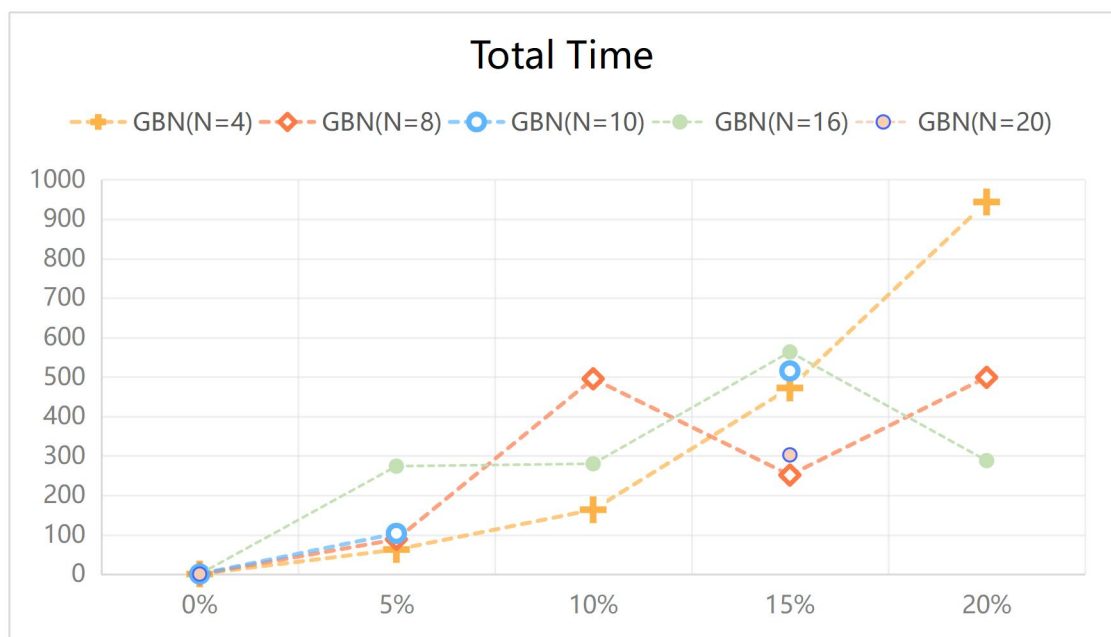
Total Time

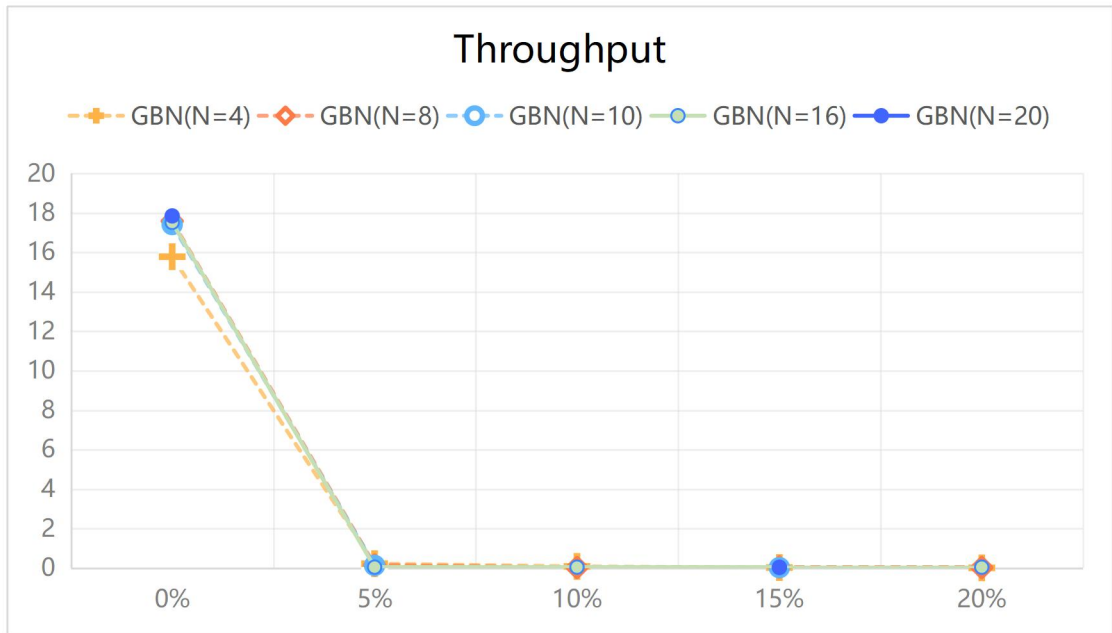
	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=4)	0.898s	62.914s	163.773s	472.219s	943.3s
GBN (N=8)	0.806s	88.648s	480.716s	251.532s	499.107s
GBN (N=10)	0.814s	103.818s	/	515.305s	/

GBN (N=16)	0.809s	274.114s	280.199s	563.464s	288.055s
GBN (N=20)	0.794s	/	/	302.647s	/

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=4)	15.78Mbps	0.225236Mbps	0.0865251Mbps	0.0300083Mbps	0.0150222Mbps
GBN (N=8)	17.5812Mbps	0.159851Mbps	0.0294779Mbps	0.0563367Mbps	0.0283917Mbps
GBN (N=10)	17.4085Mbps	0.136493Mbps	/	0.0274992Mbps	/
GBN (N=16)	17.516Mbps	0.0516956Mbps	0.0505729Mbps	0.0251489Mbps	0.0491937Mbps
GBN (N=20)	17.847Mbps	/	/	0.0468218Mbps	/





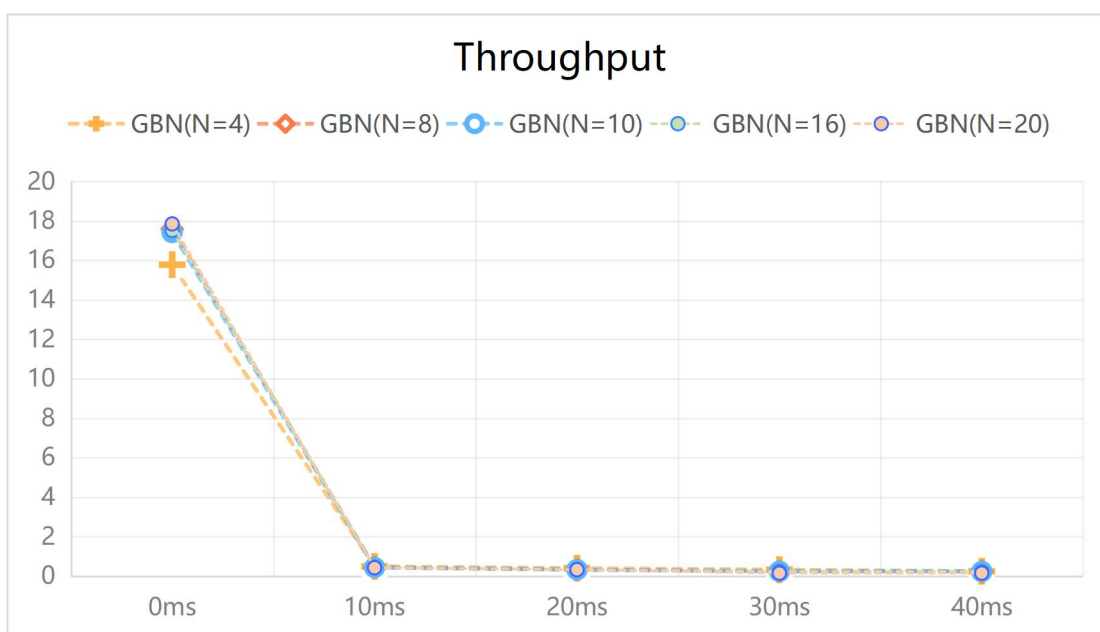
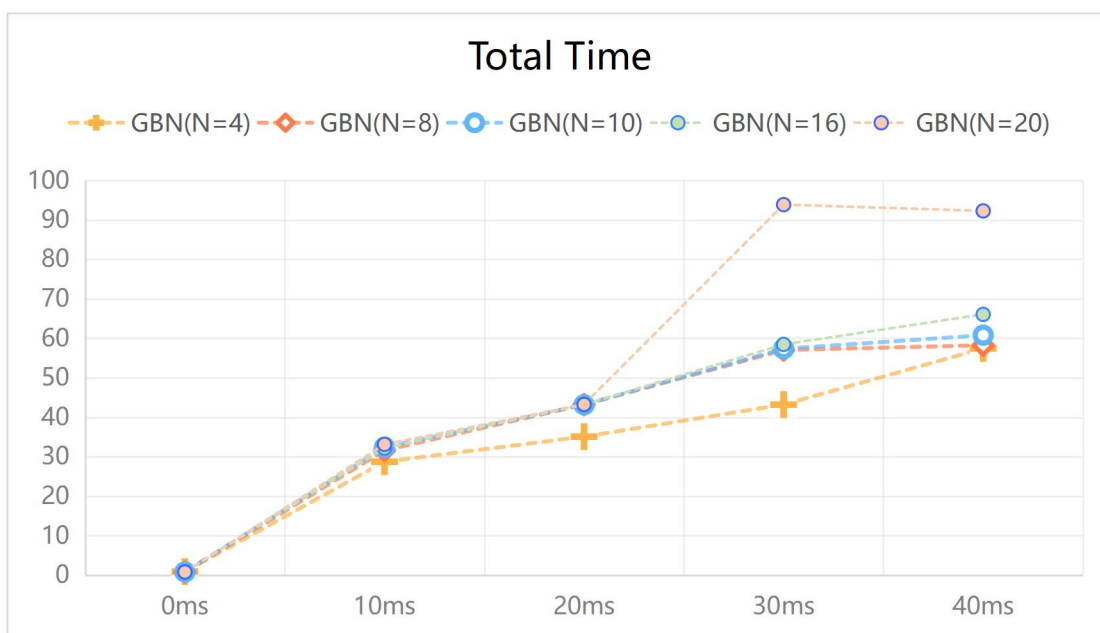
b. 丢包率为 0，以延时作为变量

Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=4)	0.898s	28.732s	35.085s	43.205s	57.432s
GBN (N=8)	0.806s	31.601s	43.197s	57.035s	58.236s
GBN (N=10)	0.814s	32.412s	43.157s	57.338s	60.787s
GBN (N=16)	0.809s	32.174s	43.199s	58.452s	66.062s
GBN (N=20)	0.794s	33.126s	43.252s	93.861s	92.272s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=4)	15.78Mbps	0.493195Mbps	0.40389Mbps	0.327982Mbps	0.246735Mbps
GBN (N=8)	17.5812Mbps	0.448419Mbps	0.328043Mbps	0.248452Mbps	0.243329Mbps
GBN (N=10)	17.4085Mbps	0.437199Mbps	0.328347Mbps	0.247139Mbps	0.233117Mbps
GBN (N=16)	17.516Mbps	0.440433Mbps	0.328028Mbps	0.242429Mbps	0.214503Mbps
GBN (N=20)	17.847Mbps	0.427775Mbps	0.327626Mbps	0.150973Mbps	0.153573Mbps



分析:

1. 使用 GBN 时，不论窗口多大，以丢包率为变量时，随着丢包率的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势；以延时为变量时，随着延时的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势。

2. 窗口越大，在网络条件较好时，网络利用率更高，但重传时需要重传的报文也越多，高丢包率的情况下重传的开销增加，高延

时的情况下等待确认的时间增加，总传输时间更长，吞吐率更低。
丢包率和延时都对较大窗口的影响更大。

3. 较小的窗口虽然丢包率和延时的影响较小，但能发送的数据也更少，网络利用率也更低。

4. 在一定范围内，无论窗口大小如何，性能是相近的。

5. 在丢包率过大、延时过大的情况下，路由器可能会出现无故的丢包现象。

B. 选择确认

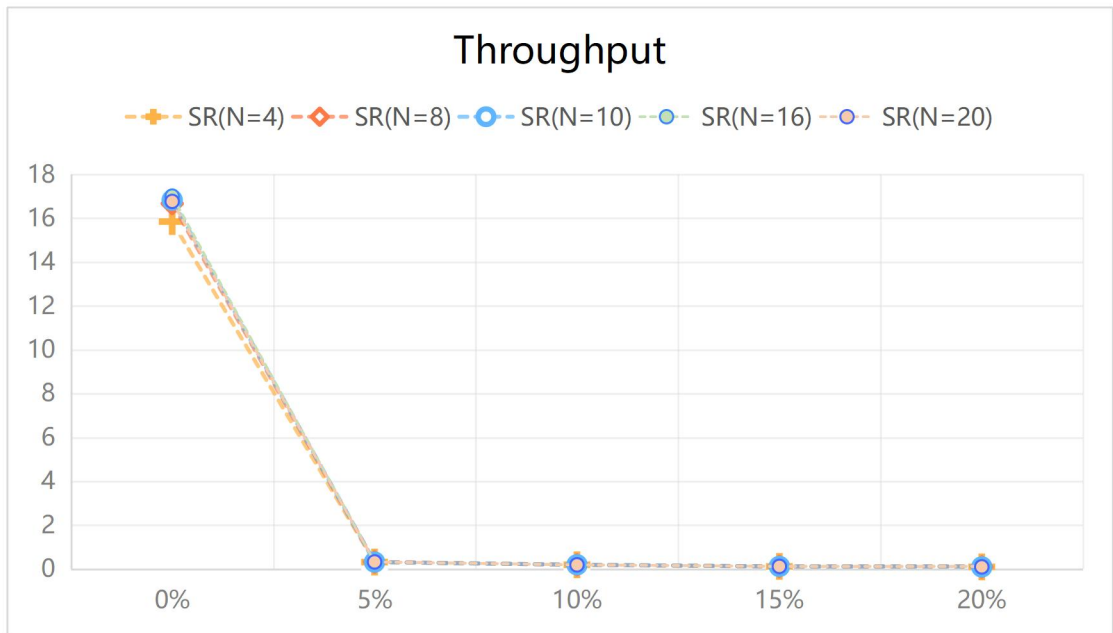
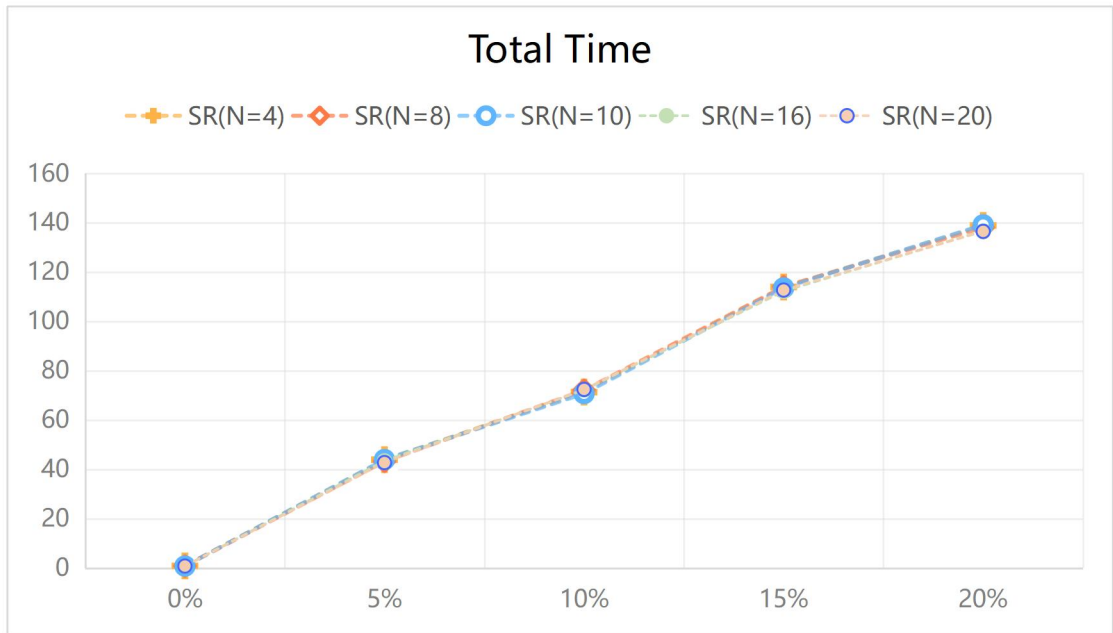
a. 延时为 0，以丢包率作为变量

Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
SR (N=4)	0.894s	43.959s	71.357s	113.948s	138.892s
SR (N=8)	0.85s	43.285s	72.114s	114.083s	138.092s
SR (N=10)	0.842s	44.014s	70.755s	113.592s	139.155s
SR (N=16)	0.833s	43.471s	72.213s	112.249s	136.72s
SR (N=20)	0.845s	42.791s	72.449s	112.729s	136.499s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
SR (N=4)	15.8506Mbps	0.322357Mbps	0.198586Mbps	0.124359Mbps	0.102025Mbps
SR (N=8)	16.6712Mbps	0.327376Mbps	0.196501Mbps	0.124212Mbps	0.102616Mbps
SR (N=10)	16.8295Mbps	0.321954Mbps	0.200275Mbps	0.124749Mbps	0.101832Mbps
SR (N=16)	17.0114Mbps	0.325975Mbps	0.196232Mbps	0.126241Mbps	0.103646Mbps
SR (N=20)	16.7698Mbps	0.331156Mbps	0.195592Mbps	0.125704Mbps	0.103814Mbps



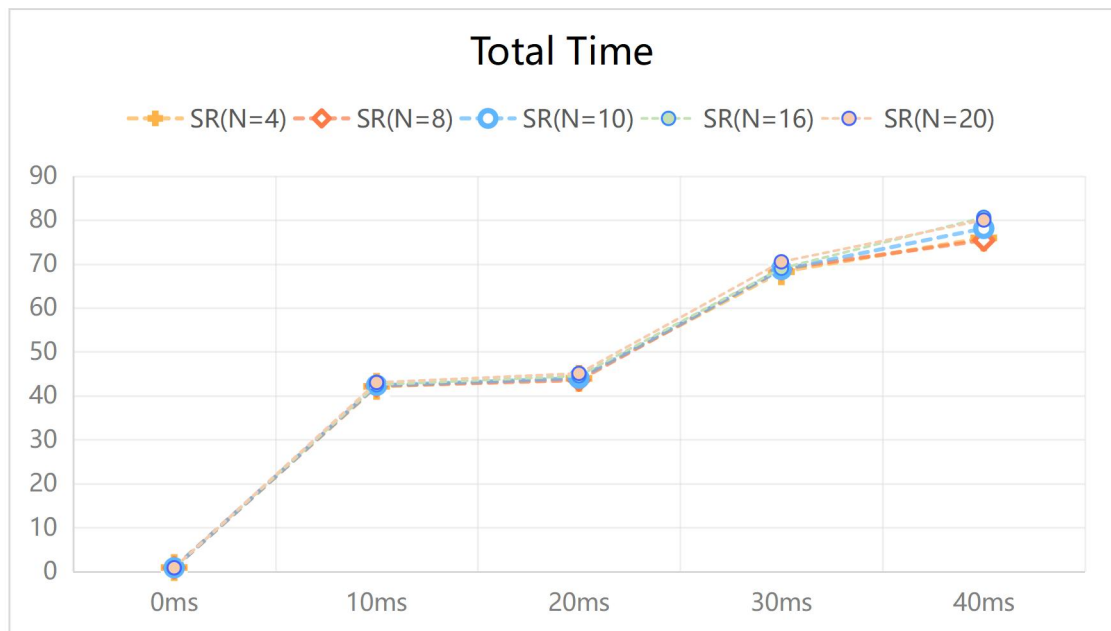
b. 丢包率为 0，以延时作为变量

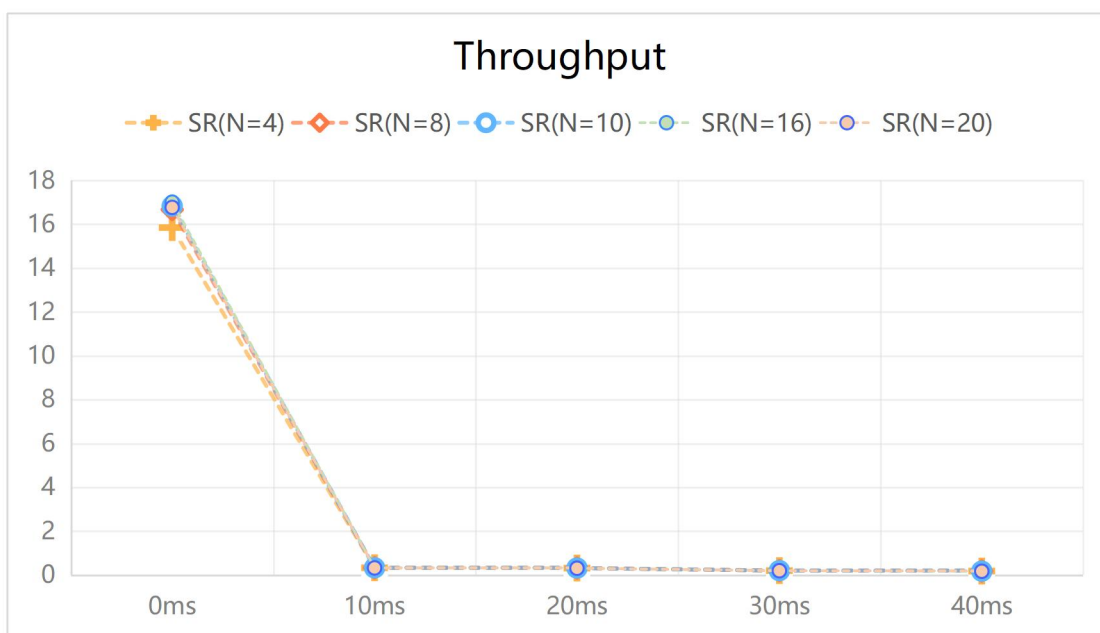
	Total Time				
	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
SR (N=4)	0.894s	42.14s	43.972s	68.237s	75.939s
SR (N=8)	0.85s	42.232s	43.559s	68.876s	75.42s
SR (N=10)	0.842s	42.392s	44s	68.749s	78.103s
SR (N=16)	0.833s	42.504s	44.533s	69.02s	80.615s

SR (N=20)	0.845s	43.031s	45.101s	70.495s	80.014s
-----------	--------	---------	---------	---------	---------

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
SR (N=4)	15.8506Mbps	0.336271Mbps	0.322261Mbps	0.20766Mbps	0.186603Mbps
SR (N=8)	16.6712Mbps	0.335539Mbps	0.325317Mbps	0.205739Mbps	0.187888Mbps
SR (N=10)	16.8295Mbps	0.334272Mbps	0.322056Mbps	0.206119Mbps	0.181433Mbps
SR (N=16)	17.0114Mbps	0.333392Mbps	0.318202Mbps	0.20531Mbps	0.17578Mbps
SR (N=20)	16.7698Mbps	0.3299309Mbps	0.314194Mbps	0.201014Mbps	0.1771Mbps





分析：

1. 使用 SR 时，不论窗口多大，以丢包率为变量时，随着丢包率的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势；以延时为变量时，随着延时的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势。
2. 在一定范围内，无论窗口大小如何，性能是相近的。
3. 窗口越大，在网络条件较好时，网络利用率更高，允许发送方在等待确认前发送更多的数据包，重传时也只需要重传未如期收到的数据包，传输时间相对更短，吞吐率相对也会提高。较小的窗口虽然丢包率和延时的影响较小，但能发送的数据也更少，网络利用率也更低。
4. 变量为吞吐率时，随着窗口的增加，总传输时间呈现略有下降的趋势，吞吐率呈现略有上升的趋势。当窗口增大时，网络利用率更大，导致传输时间变短。变量为延时时，随着窗口的增加，总传输时间呈现略有上升趋势，吞吐率呈现略有下降趋势。当窗口增大时，可能导致网络拥塞，导致更多的重传和等待确认的开销，导致传输时间增加。
5. 在丢包率过大、延时过大的情况下，路由器可能会出现无故的丢包现象。

(三) 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

A. 延时为 0，以丢包率作为变量

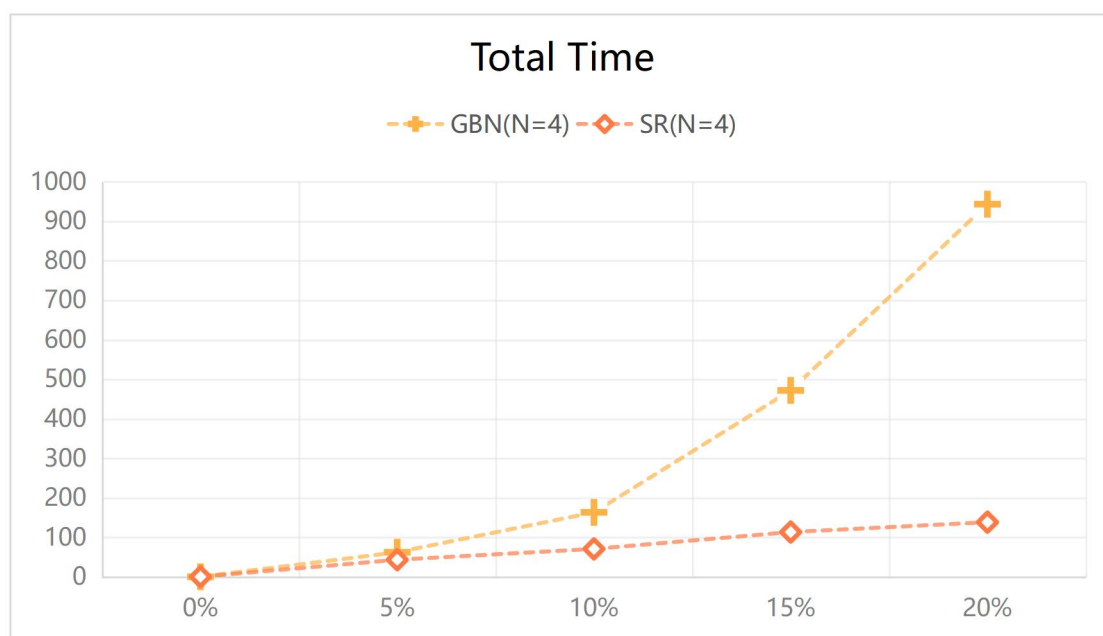
a.

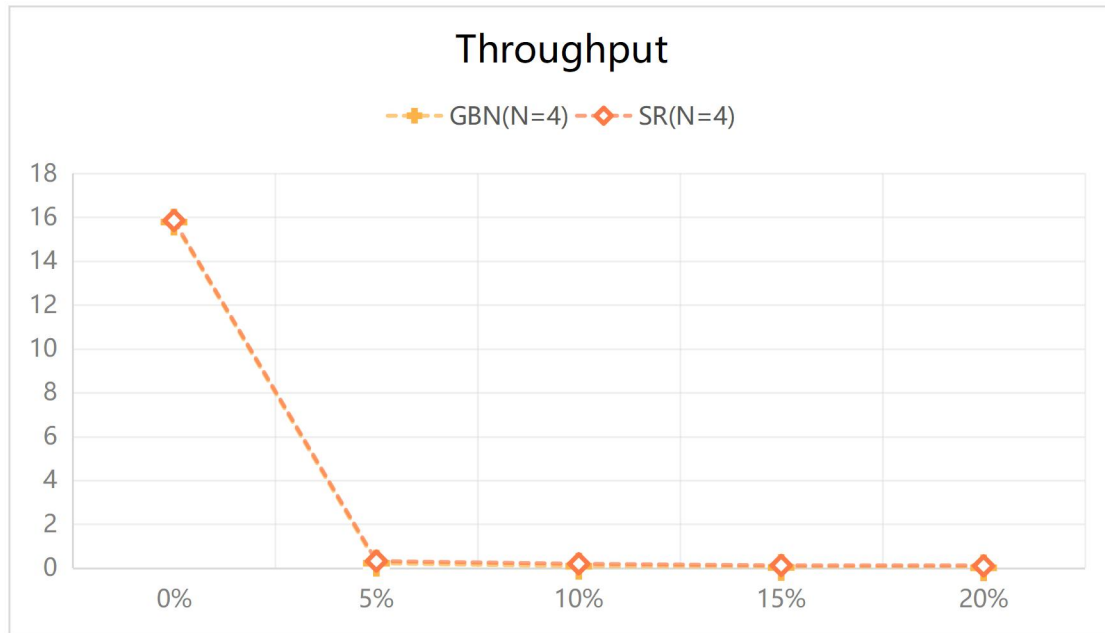
Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=4)	0.898s	62.914s	163.773s	472.219s	943.3s
SR (N=4)	0.894s	43.959s	71.357s	113.948s	138.892s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=4)	15.78Mbps	0.225236Mbps	0.0865251Mbps	0.0300083Mbps	0.0150222Mbps
SR (N=4)	15.8506Mbps	0.322357Mbps	0.198586Mbps	0.124359Mbps	0.102025Mbps





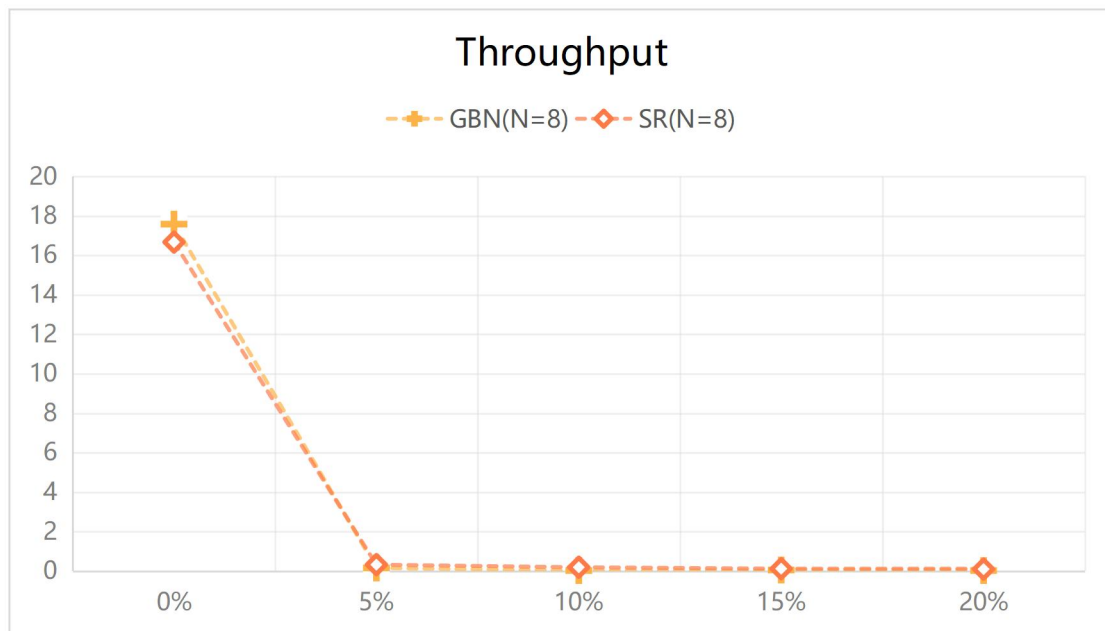
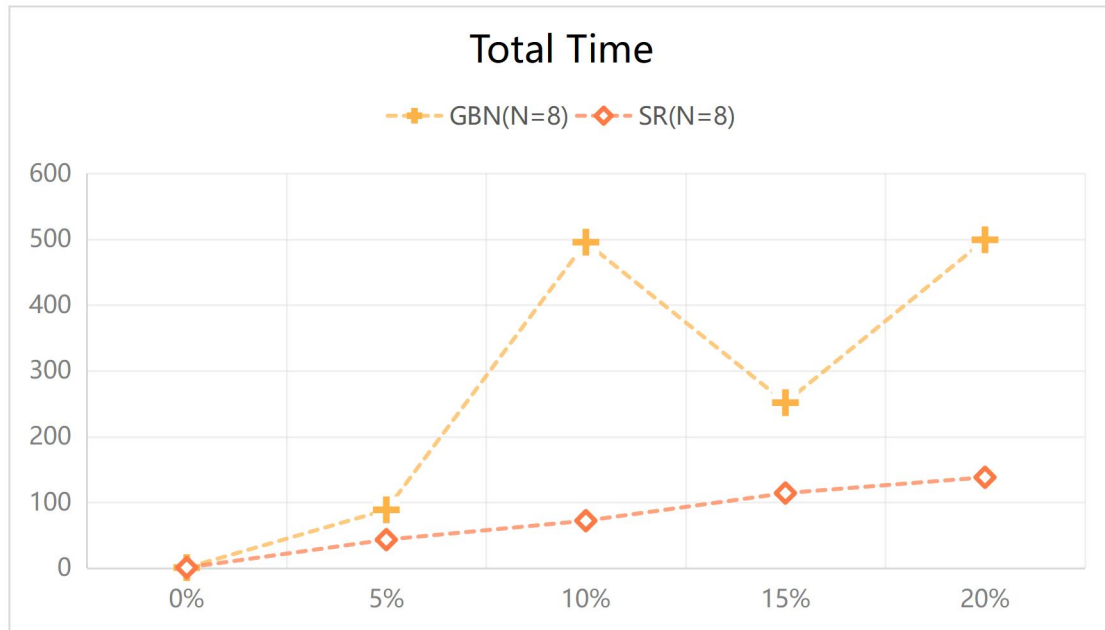
b.

Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=8)	0.806s	88.648s	495.467s	251.532s	499.107s
SR (N=8)	0.85s	43.285s	72.114s	114.083s	138.092s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=8)	17.5812Mbps	0.159851Mbps	0.0286002Mbps	0.0563367Mbps	0.0283917Mbps
SR (N=8)	16.6712Mbps	0.327376Mbps	0.196501Mbps	0.124212Mbps	0.102616Mbps



c.

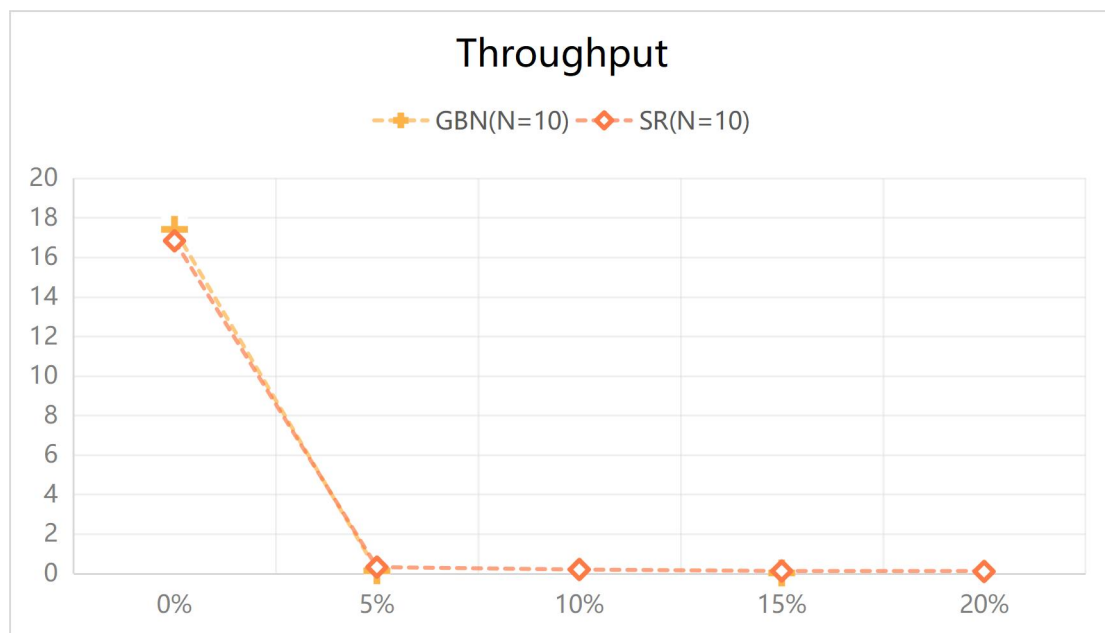
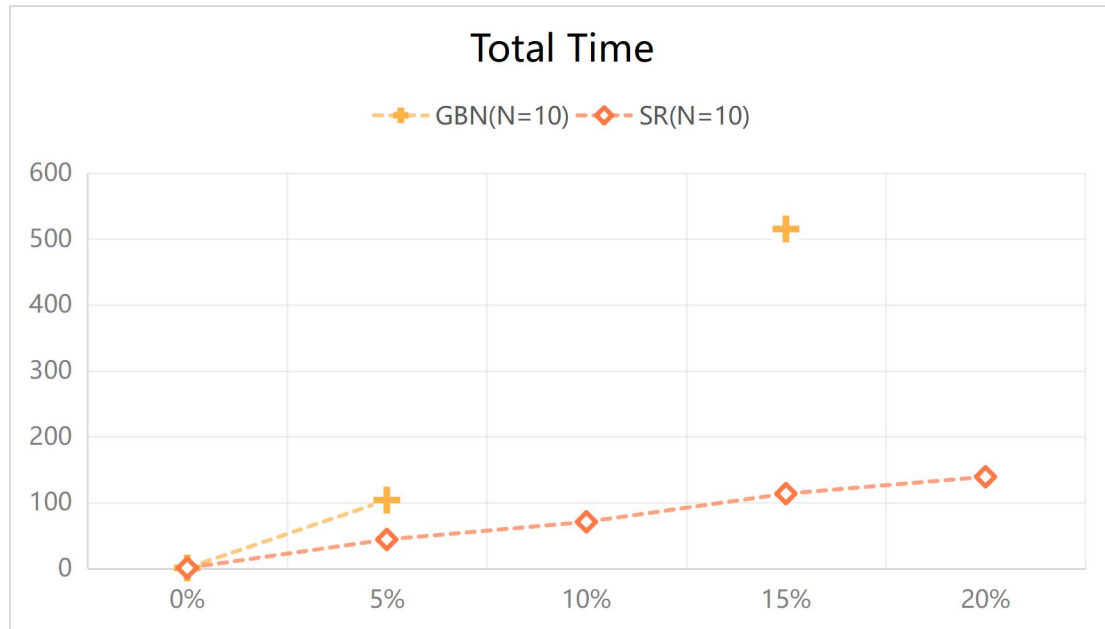
Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=10)	0.814s	103.818s	/	515.305s	/
SR (N=10)	0.842s	44.014s	70.755s	113.592s	139.155s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
--	----	----	-----	-----	-----

GBN (N=10)	17.4085Mbps	0.136493Mbps	/	0.0274992Mbps	/
SR (N=10)	16.8295Mbps	0.321954Mbps	0.200275Mbps	0.124749Mbps	0.101832Mbps



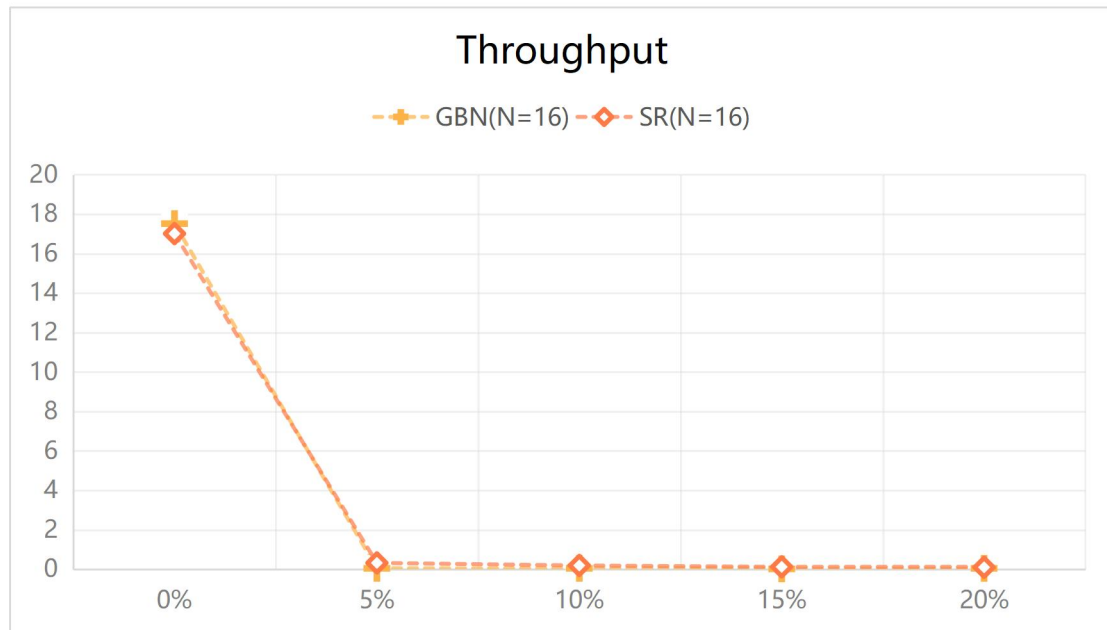
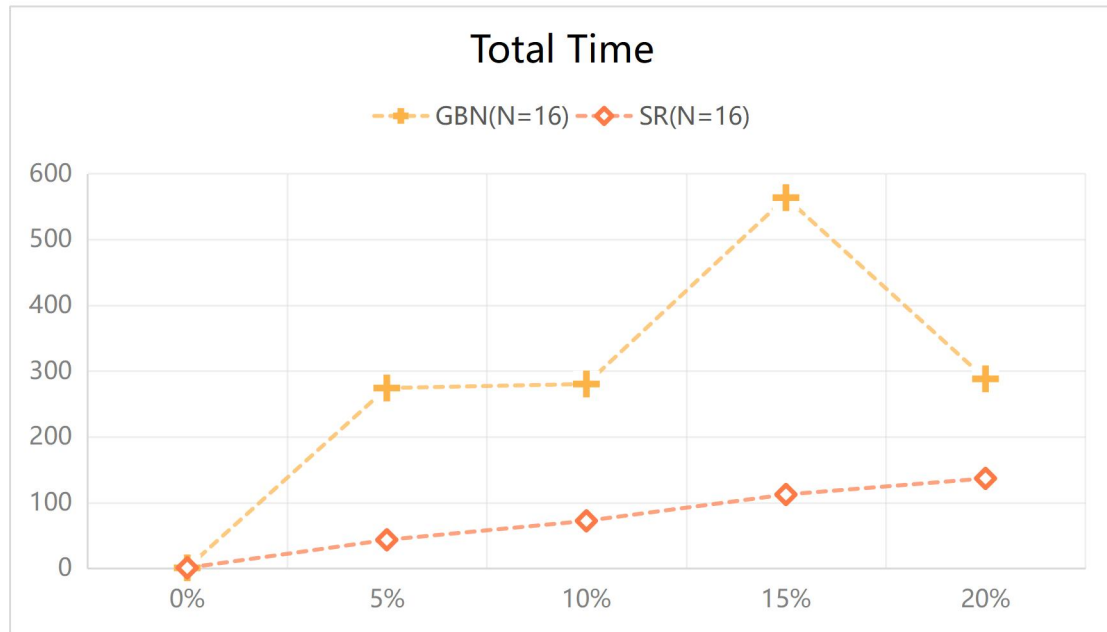
d.

Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=16)	0.809s	274.114s	280.199s	563.464s	288.055s
SR (N=16)	0.833s	43.471s	72.213s	112.249s	136.72s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=16)	17.516Mbps	0.0516956Mbps	0.0505729Mbps	0.0251489Mbps	0.0491937Mbps
SR (N=16)	17.0114Mbps	0.325975Mbps	0.196232Mbps	0.126241Mbps	0.103646Mbps



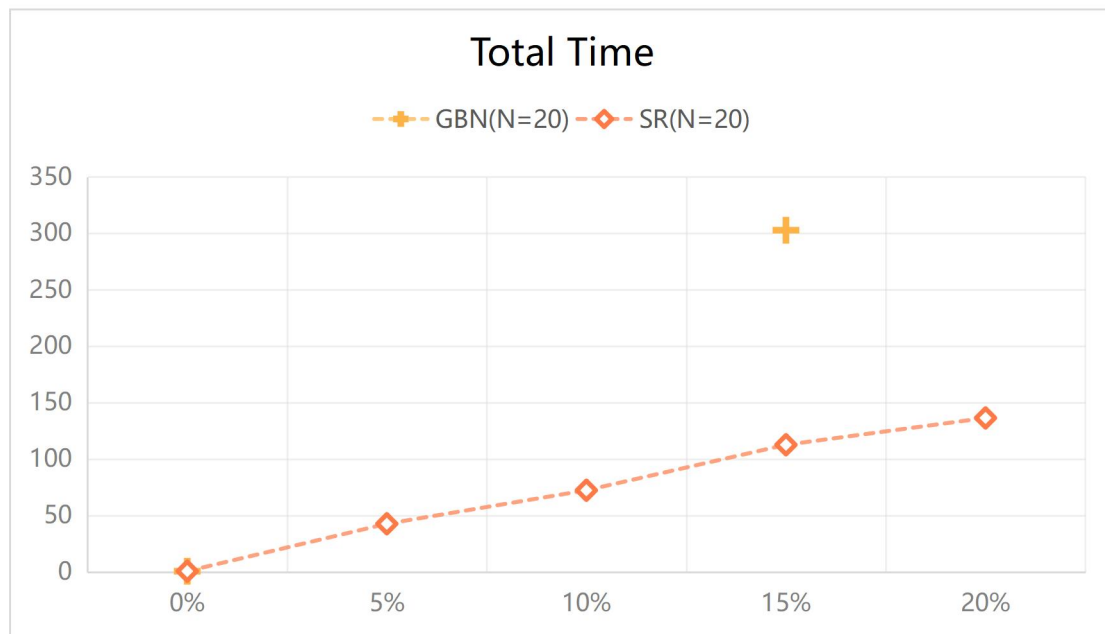
e.

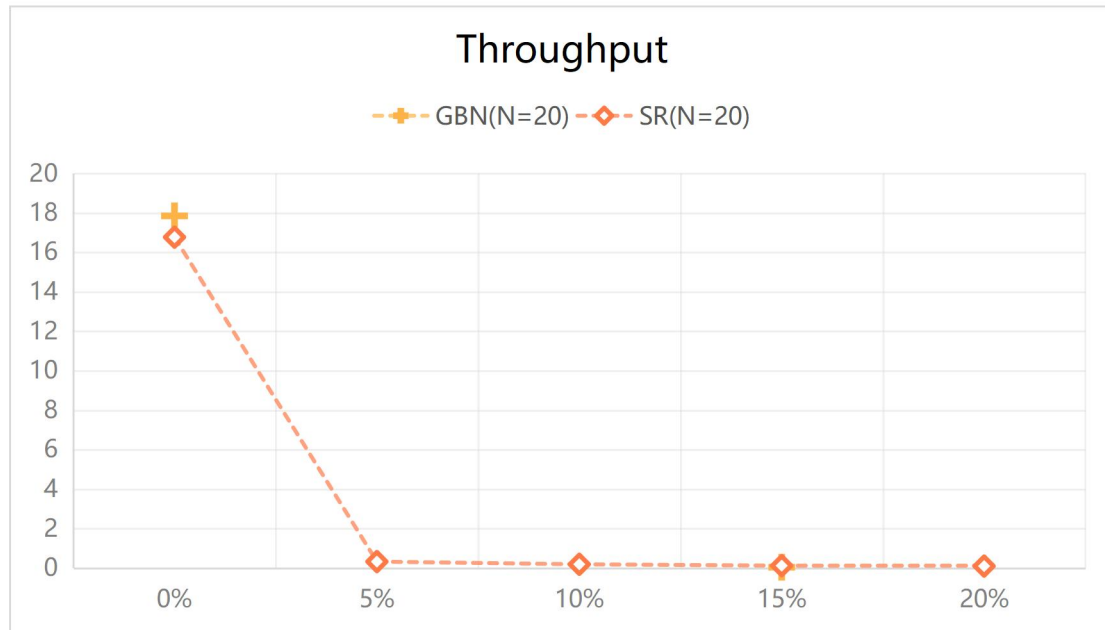
Total Time

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=20)	0.794s	/	/	302.647s	/
SR (N=20)	0.845s	42.791s	72.449s	112.729s	136.499s

Throughput

	0%	5%	10%	15%	20%
GBN (N=20)	17.847Mbps	/	/	0.0468218Mbps	/
SR (N=20)	16.7698Mbps	0.331156Mbps	0.195592Mbps	0.125704Mbps	0.103814Mbps





B. 丢包率为 0，以延时作为变量

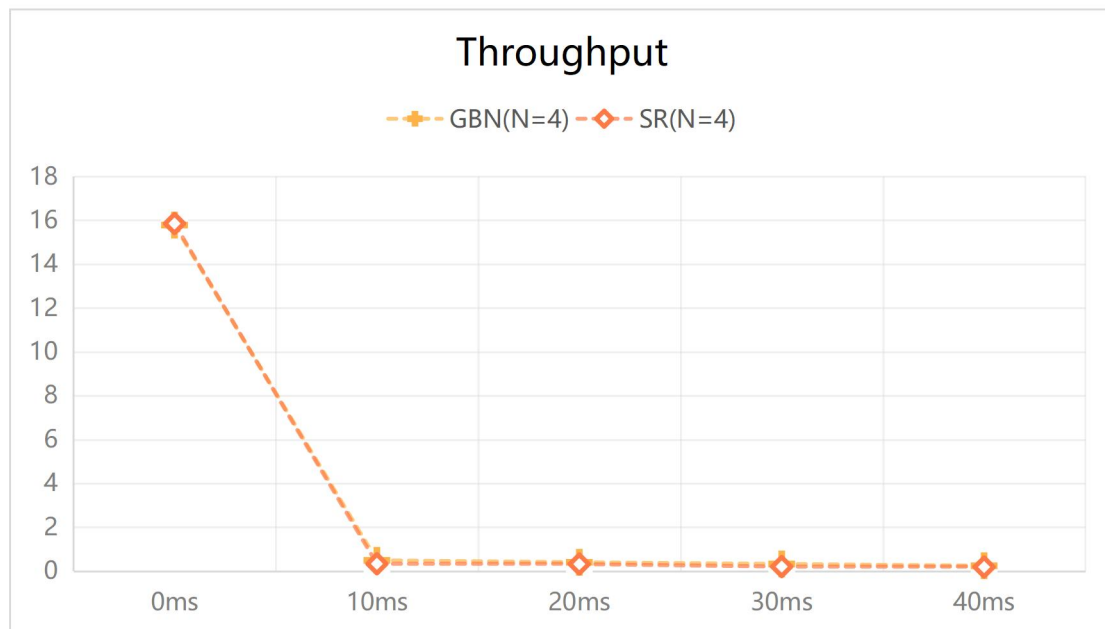
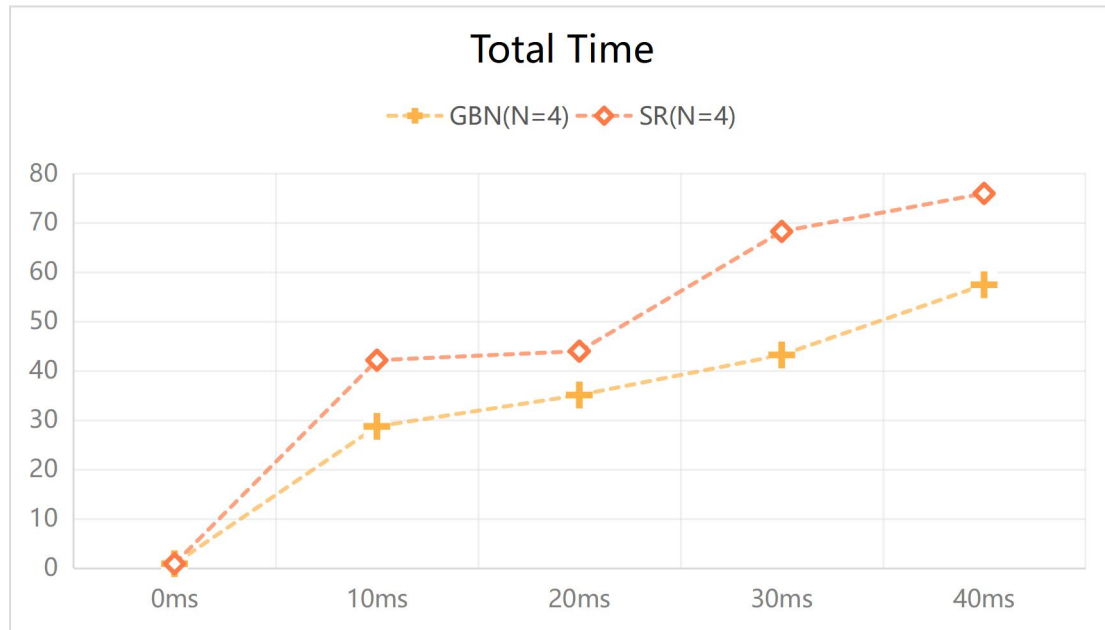
a.

Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=4)	0.898s	28.732s	35.085s	43.205s	57.432s
SR (N=4)	0.894s	42.14s	43.972s	68.237s	75.939s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=4)	15.78Mbps	0.493195Mbps	0.40389Mbps	0.327982Mbps	0.246735Mbps
SR (N=4)	15.8506Mbps	0.336271Mbps	0.322261Mbps	0.20766Mbps	0.186603Mbps



b.

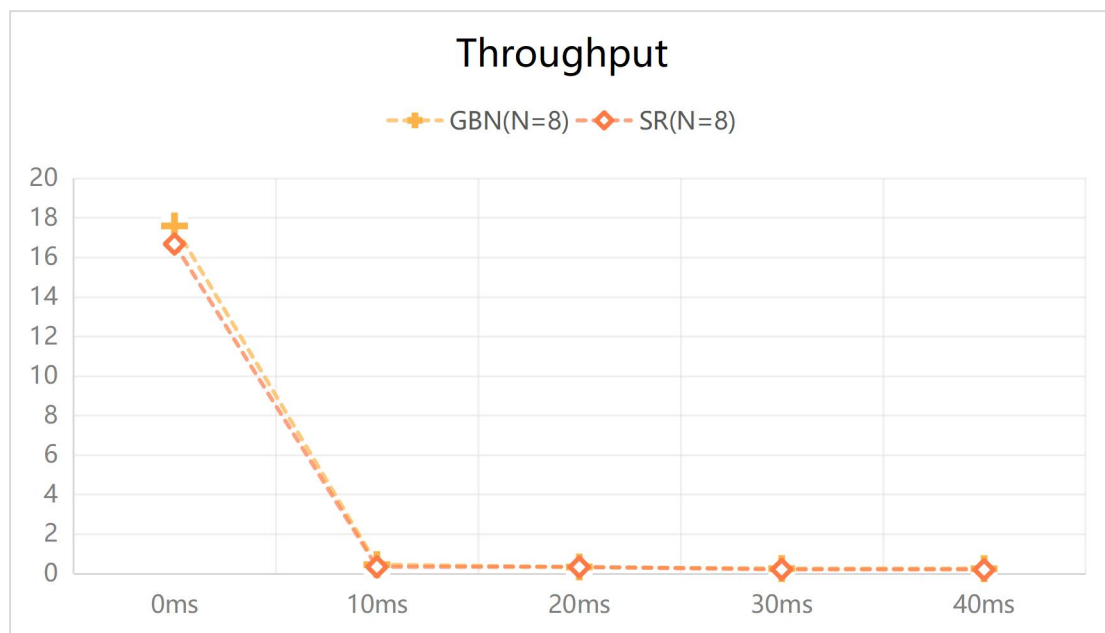
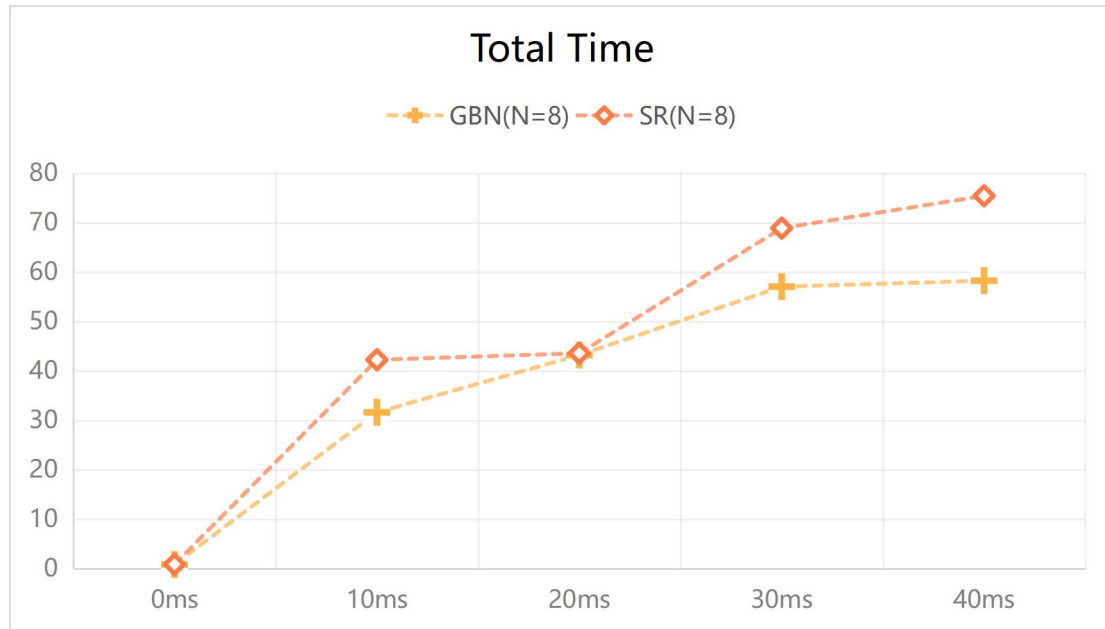
Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=8)	0. 806s	31. 601s	43. 197s	57. 035s	58. 236s
SR (N=8)	0. 85s	42. 232s	43. 559s	68. 876s	75. 42s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
--	-----	------	------	------	------

GBN (N=8)	17.5812Mbps	0.448419Mbps	0.328043Mbps	0.248452Mbps	0.243329Mbps
SR (N=8)	16.6712Mbps	0.335539Mbps	0.325317Mbps	0.205739Mbps	0.187888Mbps



c.

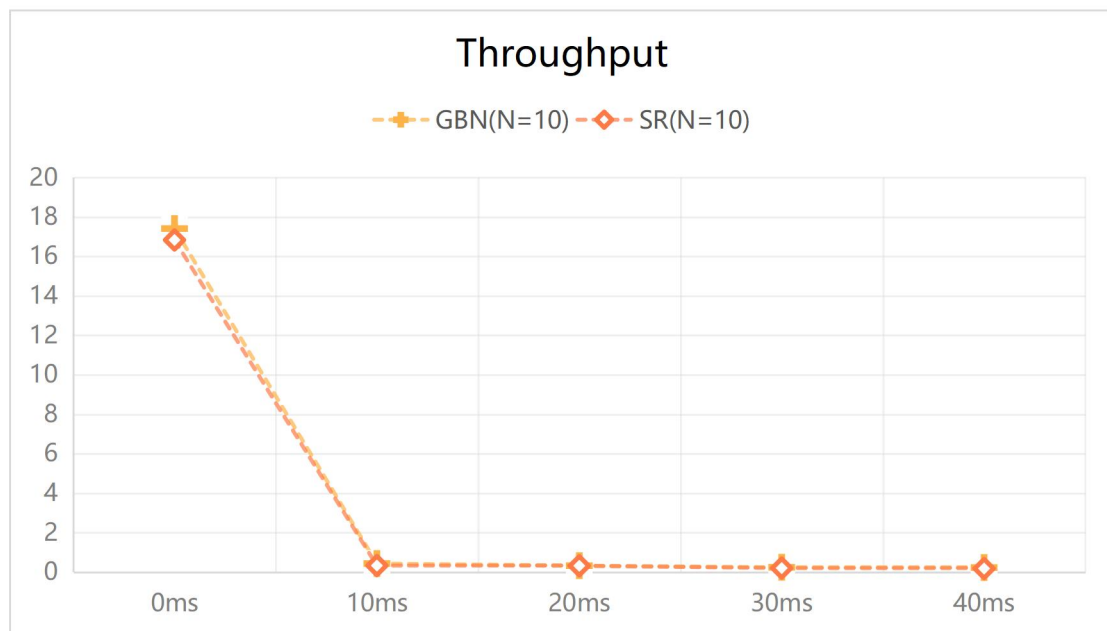
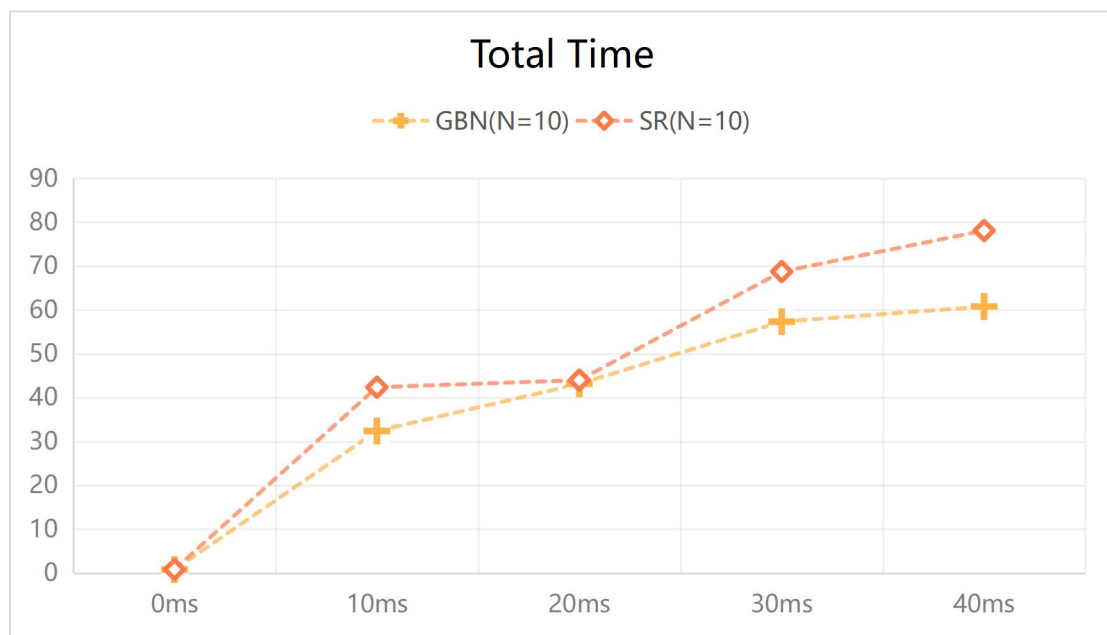
Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=10)	0.814s	32.412s	43.157s	57.338s	60.787s

SR (N=10)	0.842s	42.392s	44s	68.749s	78.103s
-----------	--------	---------	-----	---------	---------

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=10)	17.4085Mbps	0.437199Mbps	0.328347Mbps	0.247139Mbps	0.233117Mbps
SR (N=10)	16.8295Mbps	0.334272Mbps	0.322056Mbps	0.206119Mbps	0.181433Mbps



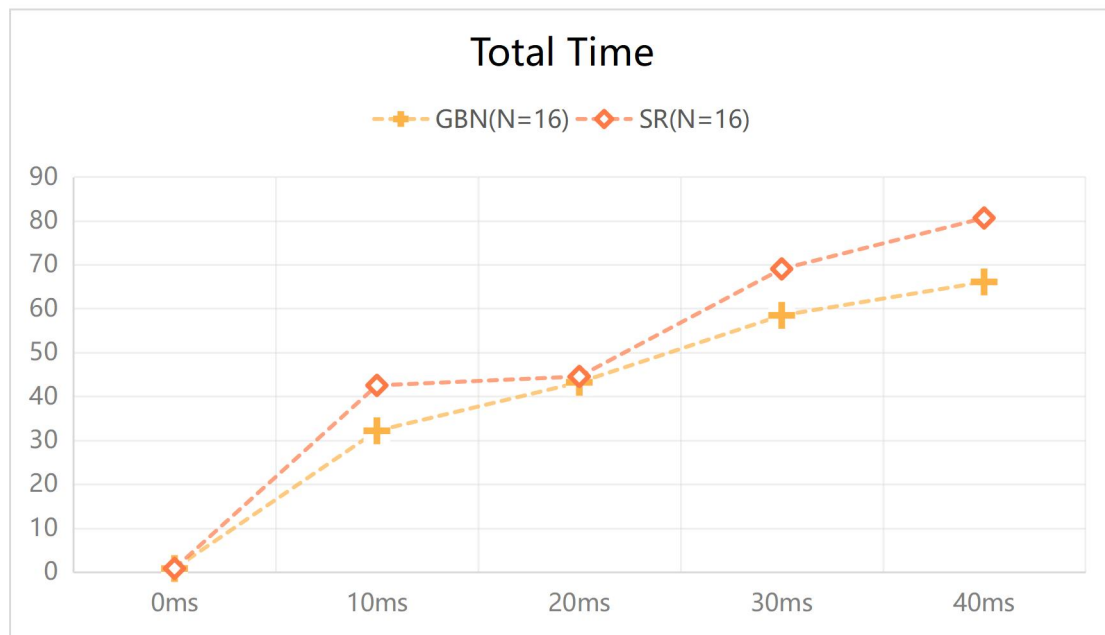
d.

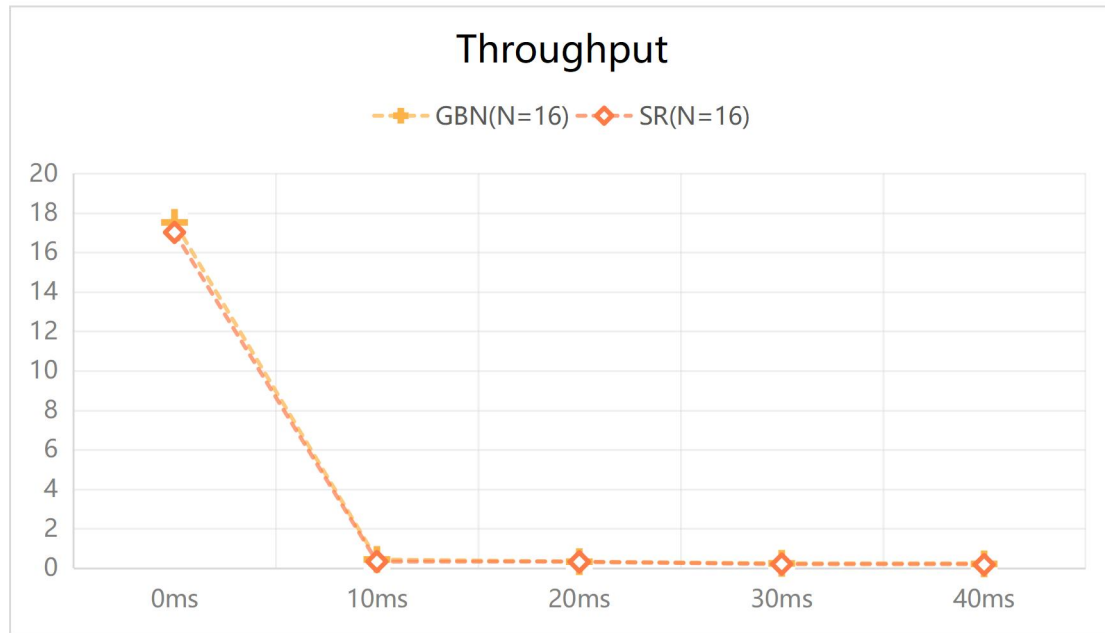
Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=16)	0.809s	32.174s	43.199s	58.452s	66.062s
SR (N=16)	0.833s	42.504s	44.533s	69.02s	80.615s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=16)	17.516Mbps	0.440433Mbps	0.328028Mbps	0.242429Mbps	0.214503Mbps
SR (N=16)	17.0114Mbps	0.333392Mbps	0.318202Mbps	0.20531Mbps	0.17578Mbps





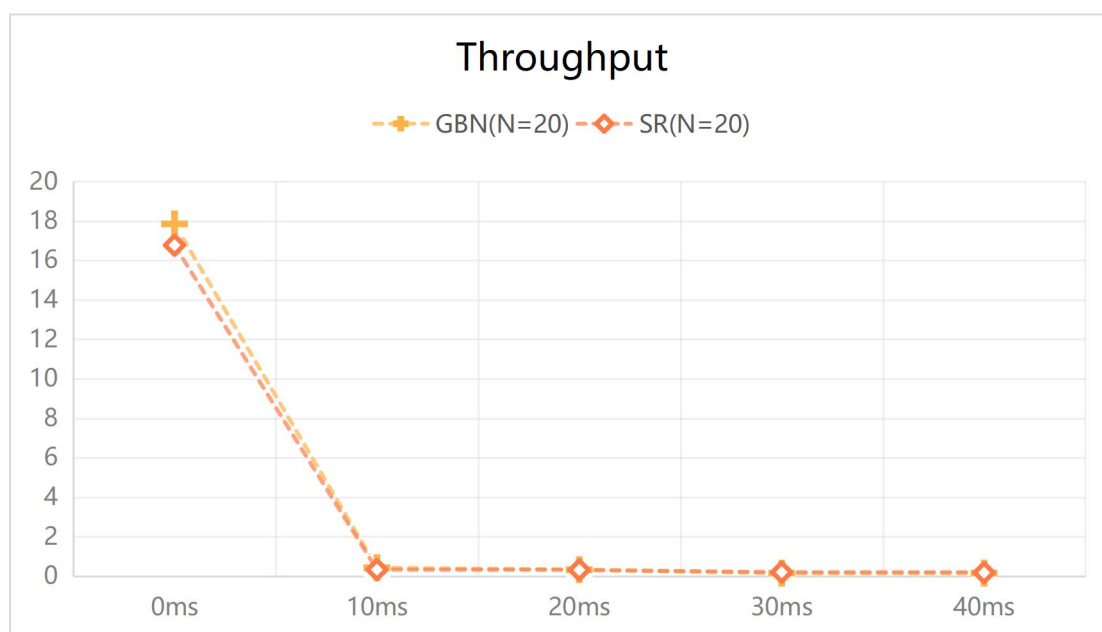
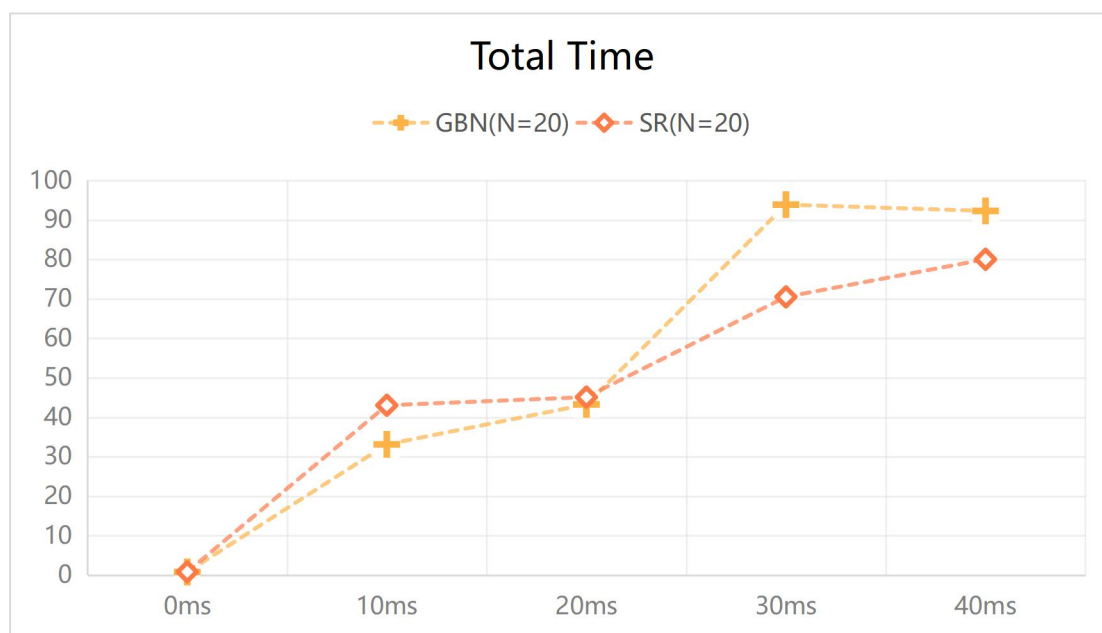
e.

Total Time

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=20)	0.794s	33.126s	43.252s	93.861s	92.272s
SR (N=20)	0.845s	43.031s	45.101s	70.495s	80.014s

Throughput

	0ms	10ms	20ms	30ms	40ms
GBN (N=20)	17.847Mbps	0.427775Mbps	0.327626Mbps	0.150973Mbps	0.153573Mbps
SR (N=20)	16.7698Mbps	0.3299309Mbps	0.314194Mbps	0.201014Mbps	0.1771Mbps



分析:

1. SR 与 GBN 数据的测量在不同时空条件进行的, 网络条件可能不一致。且在丢包率过大、延时过大的情况下, 路由器可能会出现无故的丢包现象。
2. 不管采用哪种机制, 在窗口大小相同时, 以丢包率为变量时, 随着丢包率的增加, 总传输时间呈现上升趋势, 吞吐率呈现下降趋势; 以

延时为变量时，随着延时的增加，总传输时间呈现上升趋势，吞吐率呈现下降趋势。

3. 总的来说，选择确认优于累积确认，提高了网络的性能。

4. 在窗口大小相同时，如果一个数据包出现丢失，累积确认发送方需要把整个窗口的数据包重传，导致网络中不必要的重传；选择确认可以接收乱序的数据包，发送方只需重传未正确接收的包，减少了不必要的重传，但由于 SR 需要更多的确认信息，需要占用更多的带宽。

5. 以丢包率作为变量时，GBN 和 SR 的总时间都随着延时的增加呈现上升趋势，吞吐率都呈现下降趋势，但 GBN 变化的更明显。这可能是因为在 GBN 协议中，一旦发生丢包，就需要重传丢包及其后面的所有数据包，而在 SR 协议中，只需要重传丢失的数据包。以延时作为变量时，GBN 和 SR 的总时间都随着延时的增加呈现上升趋势，吞吐率都呈现下降趋势，但 SR 的趋势变化的更明显。这可能是因为 SR 协议需要更多的确认信息，也会占用带宽，这些确认信息的传输也会受到延迟的影响。