

计算机网络课程实验报告

郭裕彬 2114052 物联网工程

实验3-4：基于UDP服务设计可靠传输协议并编程实现-性能分析

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：
 - 停等机制与滑动窗口机制性能对比；
 - 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）；
 - 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。

本次测试统一使用一个文件1.jpg，超时延时设置为1s。

测试说明

程序设计的包大小为4096，经过测试发现，当窗口过大时，如果设置延迟，发送端在短时间内将窗口内的包全部发过来时容易造成路由器程序内部缓冲区的溢出，导致原本应该正常转发的包被丢弃，所以在“滑动窗口机制中不同窗口大小对性能的影响”和“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”两部分中窗口大小的设置依次为4、8、12、16，延迟设置为5、10、15、20ms。

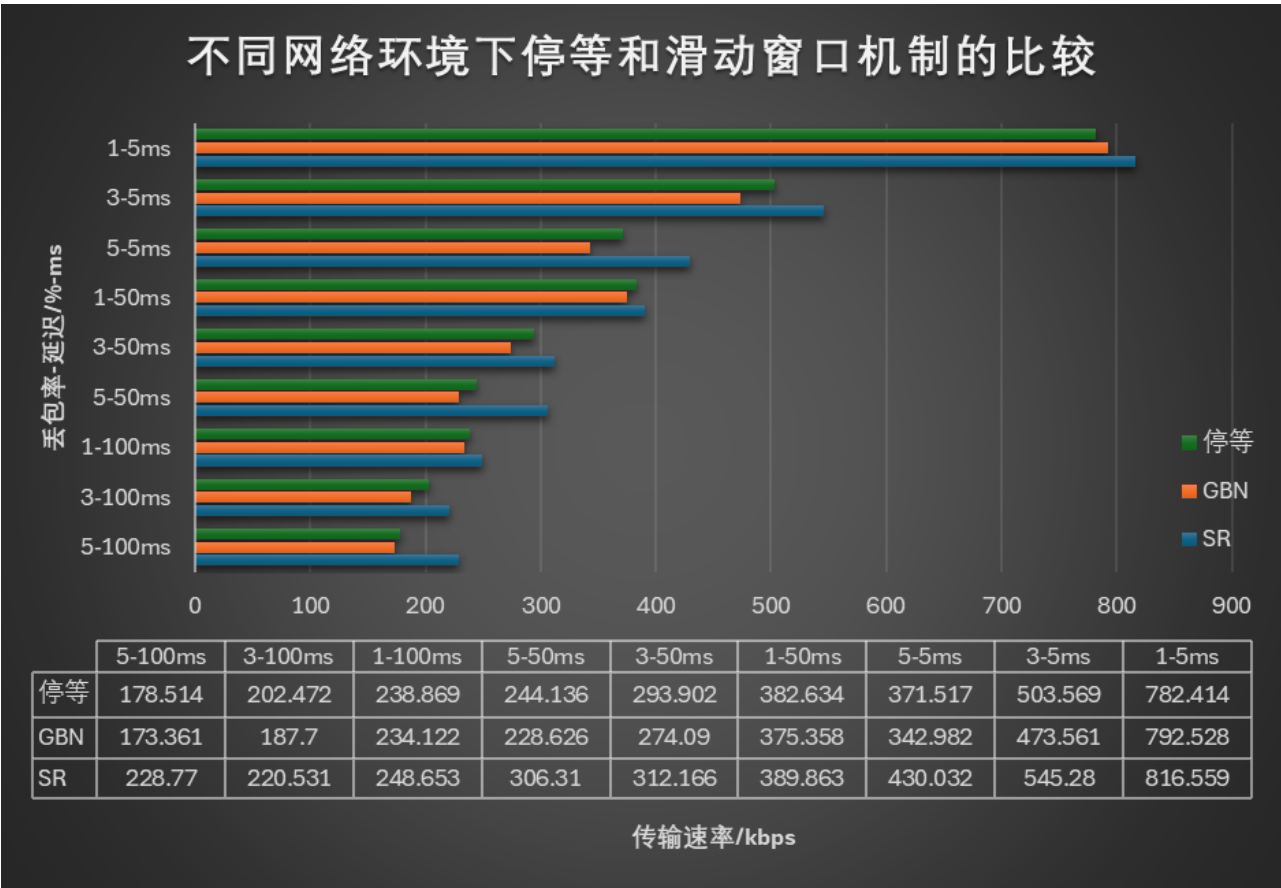
由于路由器设计为计数丢包，即每n个包丢弃一次，当n与窗口大小接近甚至大于窗口大小时，GBN设计下的传输时延将会急剧上升，故本次测试使用的丢包率上限为5%。

此外发现，路由器随着转发总包数的增加，其效率不断降低，为了避免这个影响，每次传输完成后，都会重启路由器再进行下一个传输测试；由于传输耗时和设置路由器耗时较大，本次测试没有使用多次测试取平均值的方法。

之后的部分将选取测试结果中的部分对应数据制成图表以供分析。无特殊说明，每一个表格的行坐标都为丢包率(%)，纵坐标都为延迟(ms)。

所有的测试数据将在报告最后进行展示，每一组数据的第一个表格表示的是传输时间(s)，第二个表格表示的是传输速率(kbps)。

机制性能对比



滑动窗口使用的窗口大小为4。

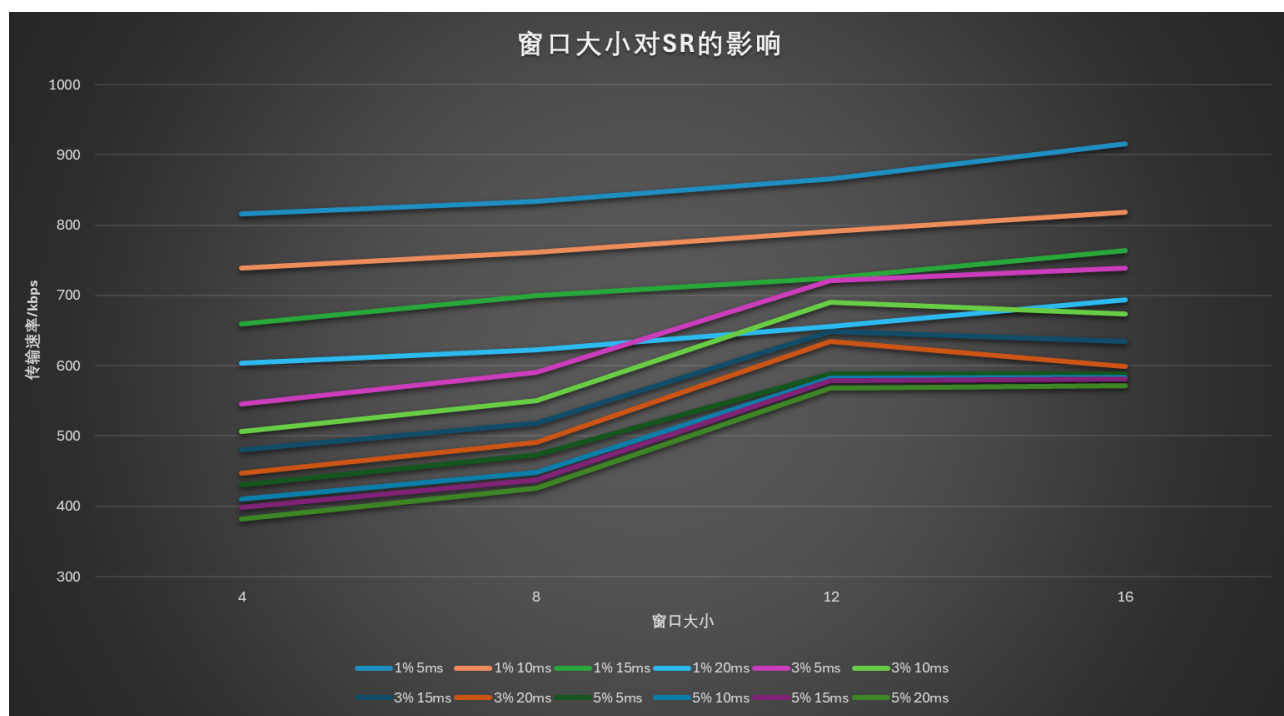
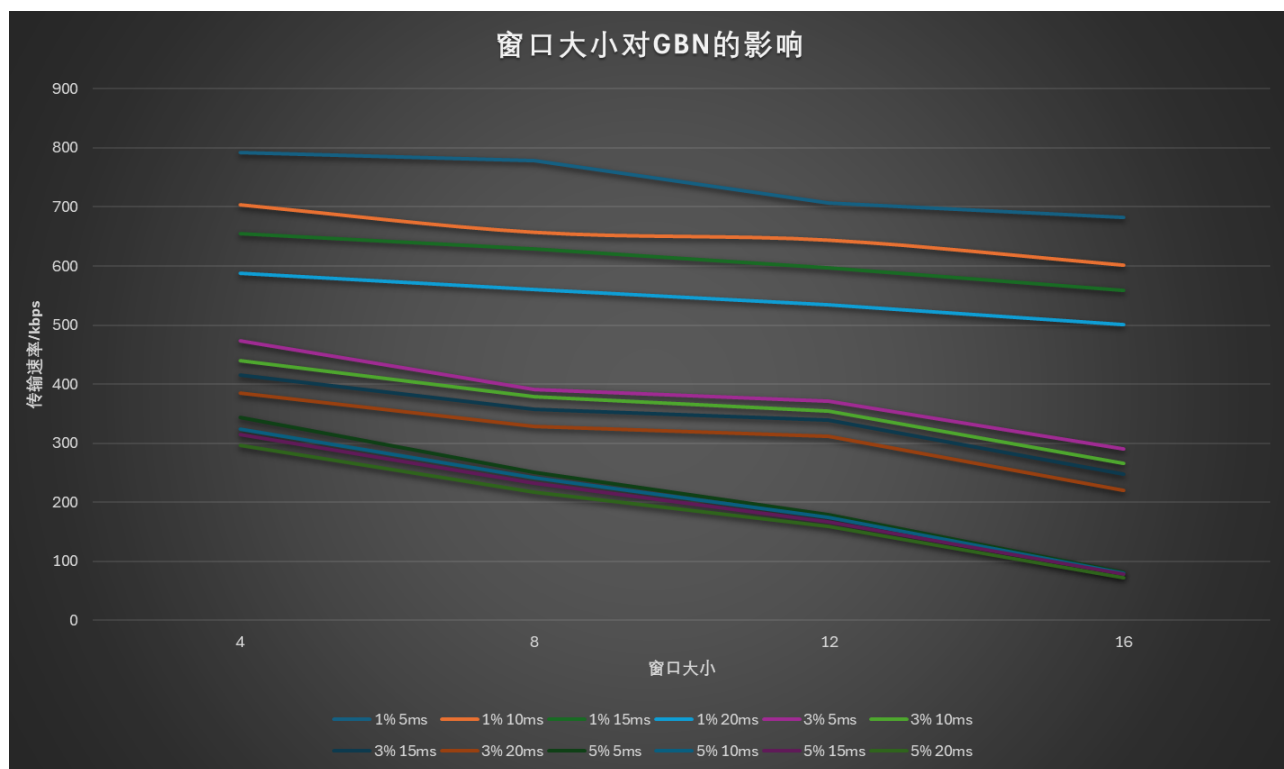
从上述测试结果可以观察得到：

- 随着传输延时的增加，停等和滑动窗口的性能都显著下降；
- 在丢包率较小的情况下，滑动窗口协议的两种设计都优于停等协议；
- 随着丢包率的增加，GBN逐渐差于停等协议，而SR始终优于停等协议；
- 随着传输延时的增加，基于GBN的滑动窗口的性能逐渐接近停等机制：

基于观察结果，分析如下：

- 停等机制在不考虑程序内部设计的情况下，单从协议本身出发，可以认为等价于窗口=1的滑动窗口协议。滑动窗口协议与停等机制相比，因为发送完窗口内的包后才进入到等待返回ACK包的阶段，可以简单认为，在发送后续包的时候前面发出的包已经在传输过程或ACK在传输过程中了，而停等设计下，每一个包的发出都要等待其和对应ACK包的传输过程，所以滑动窗口相比于停等在正常发包部分的优势在于减少了相当一部分等待传输的时间。
- 而基于GBN的滑动窗口在包丢失后的超时重传处理部分，相比于停等（窗口为1），需要重发窗口内的所有包，在除了丢失包以外的重复包处理发送时会浪费时间，另一方面，同一个实验环境下的发包总数也会比停等多，实验使用的路由器程序设计为计数重传，意味着随着重发次数的增多，会出现更多的丢包，丢包超时设置的1s远大于处理一个包及其传输的耗时。综合上述因素，在不存在丢包时，GBN优于停等，但随着丢包率的增加，这种优势逐渐减弱并转换为劣势。
- 可以认为，在传输延时较小时，基于GBN的程序实现的传输耗时的主导因素是每次丢包时的超时时间和重发时的耗时；传输延时逐渐增加，对传输耗时的影响逐渐增大，停等由于每一次都需要等待包传输并返回，总的等待次数是数倍于滑动窗口的，所以性能下降得会比基于GBN的滑动窗口更加明显。
- 基于SR的滑动窗口与基于GBN的滑动窗口在发送阶段实现相同，而在包丢失后的超时重传部分仅需要传递丢失的包；这种设计下，滑动窗口优于停等的发包部分没有改动，而基于GBN产生的大量无意义重发耗时被优化成和停等一致的处理，使得基于SR的滑动窗口能在各种网络环境下都优于停等和基于GBN的滑动窗口设计实现。

不同窗口大小对性能的影响



从上述测试结果可以观察并分析得出：

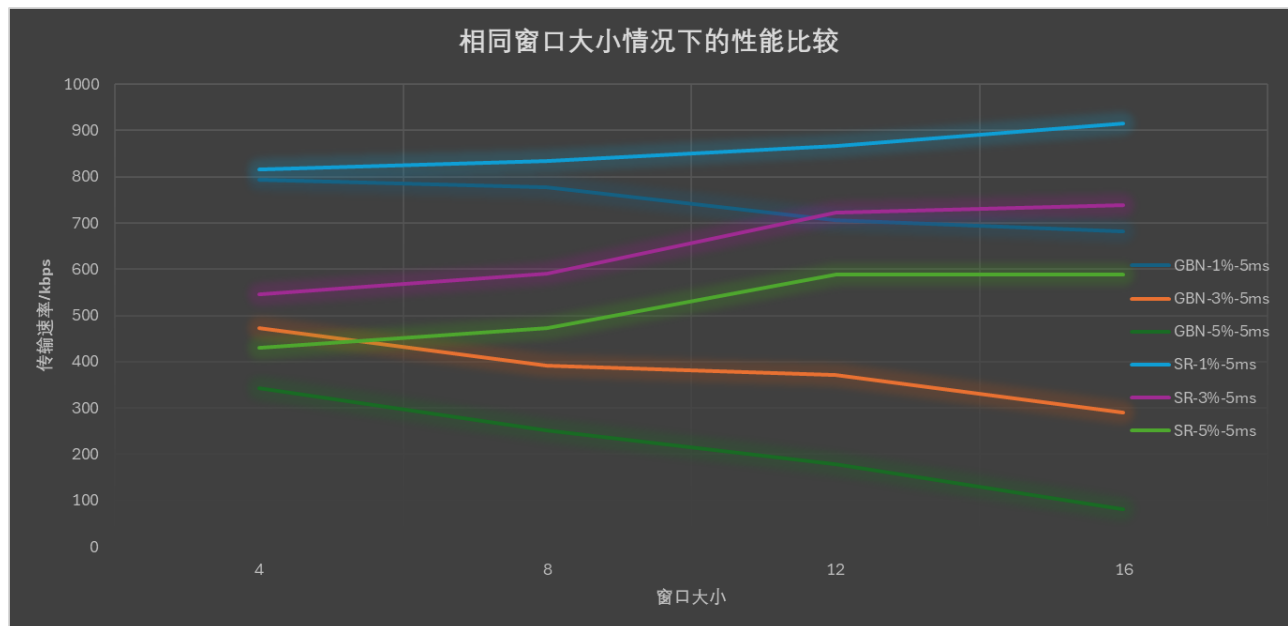
1. 对于基于GBN的滑动窗口机制，窗口增大时，不论什么网络情况，只要存在丢包，其性能都是逐渐下降的，且丢包率更大的时候性能曲线更陡，即下降得越快：

如要求1中所分析，窗口增大时，一次性发送的包数增加导致的总等待次数的减少的增益效果被每次重发时重发包数的增加导致的总发送时间的增加和总丢包次数的增加带来的负面效果掩盖，在整体上就体现为性能的不断下降。同时可以看出，当丢包率较小时，四条不同延迟的曲线间隔较大，也就是丢包少时总传输延时相比于丢包超时总延时还仍具有可以观测到的比例，随着丢包率增加，超时时间逐渐成为了程序传输时的主要影响因素，这也印证了要求1中的分析。

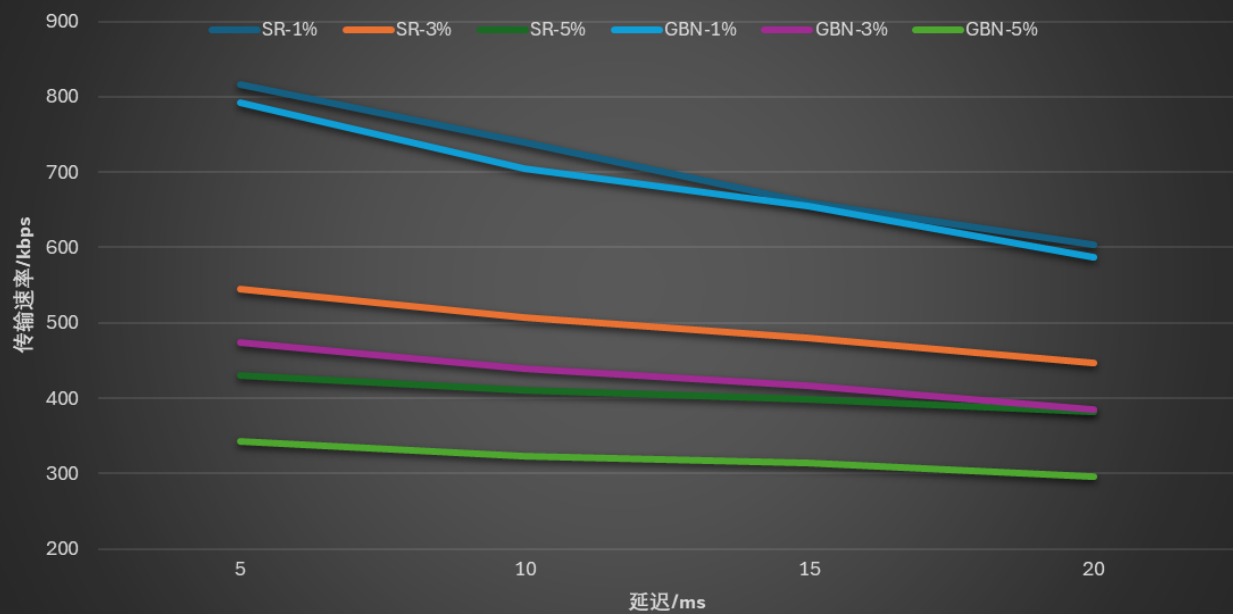
2. 对于基于SR的滑动窗口机制，窗口增大时，不论什么网络情况，其性能都在逐渐增加，直至（未在实验测试中体现的）网络环境、接收端处理能力阈值：

不论什么情况，基于SR的滑动窗口都只会重发没有收到ACK的这个包，这使得窗口的大小变化对于超时重传部分没有任何影响，只有增大时对于正常发送部分如要求1中所分析的增益效果。

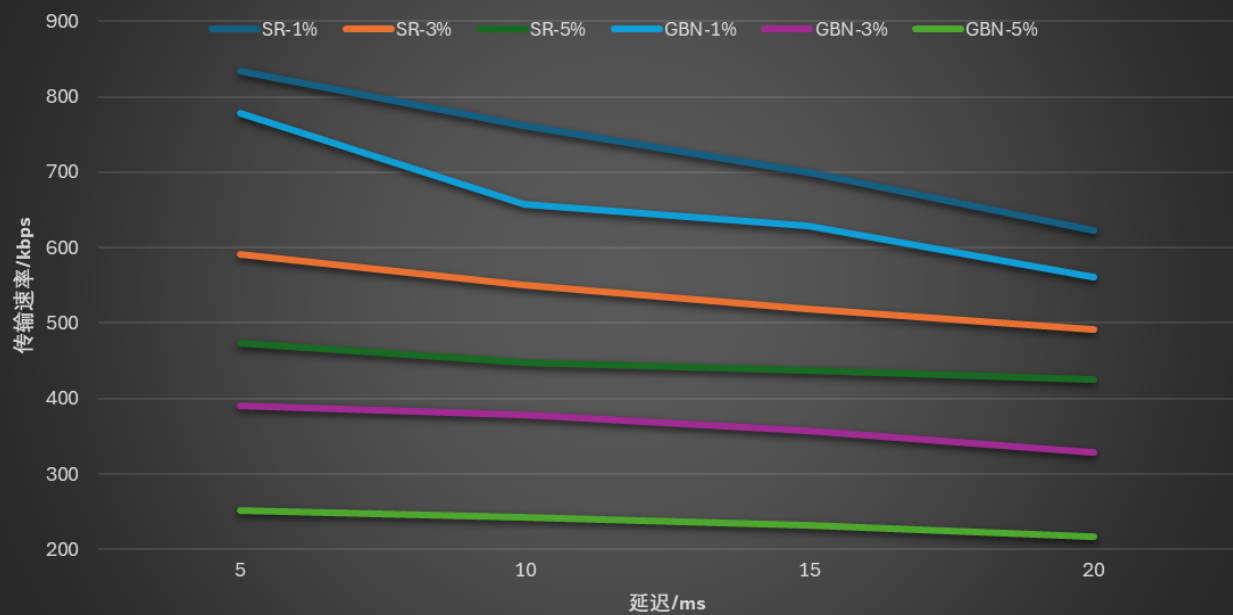
相同窗口大小情况下，累计确认和选择确认的性能比较

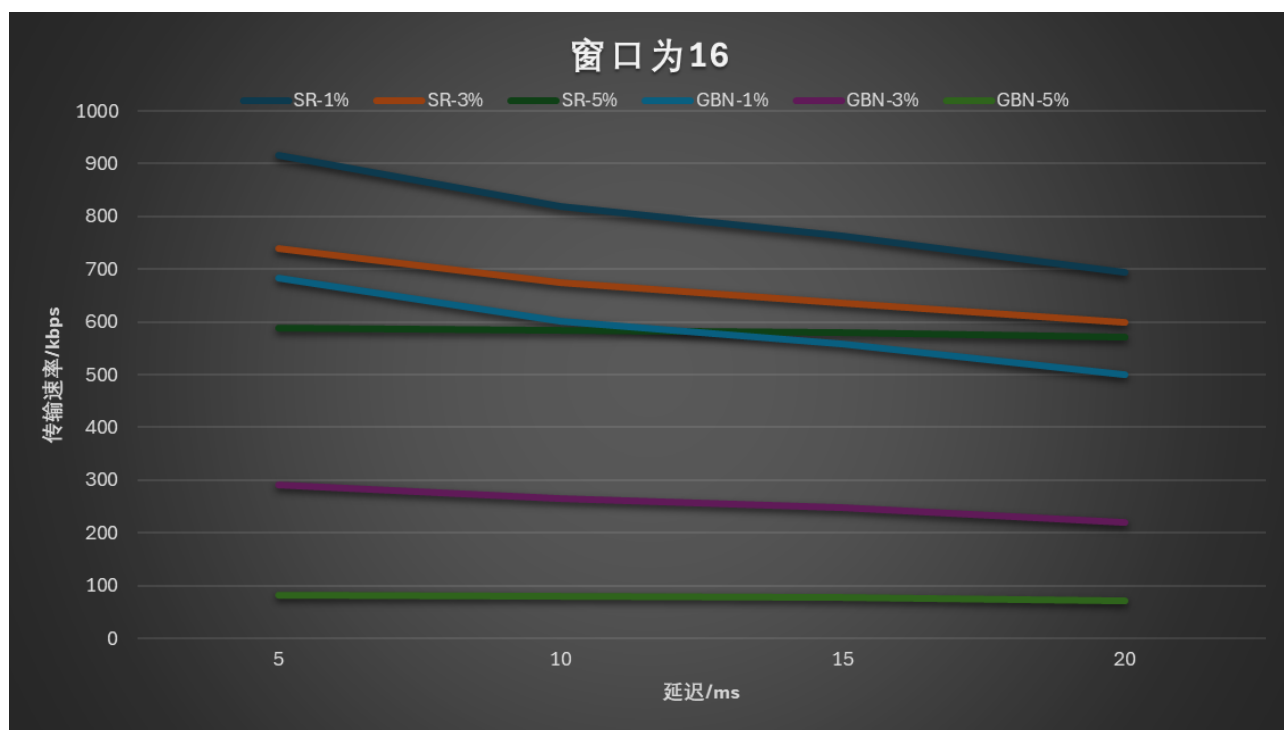
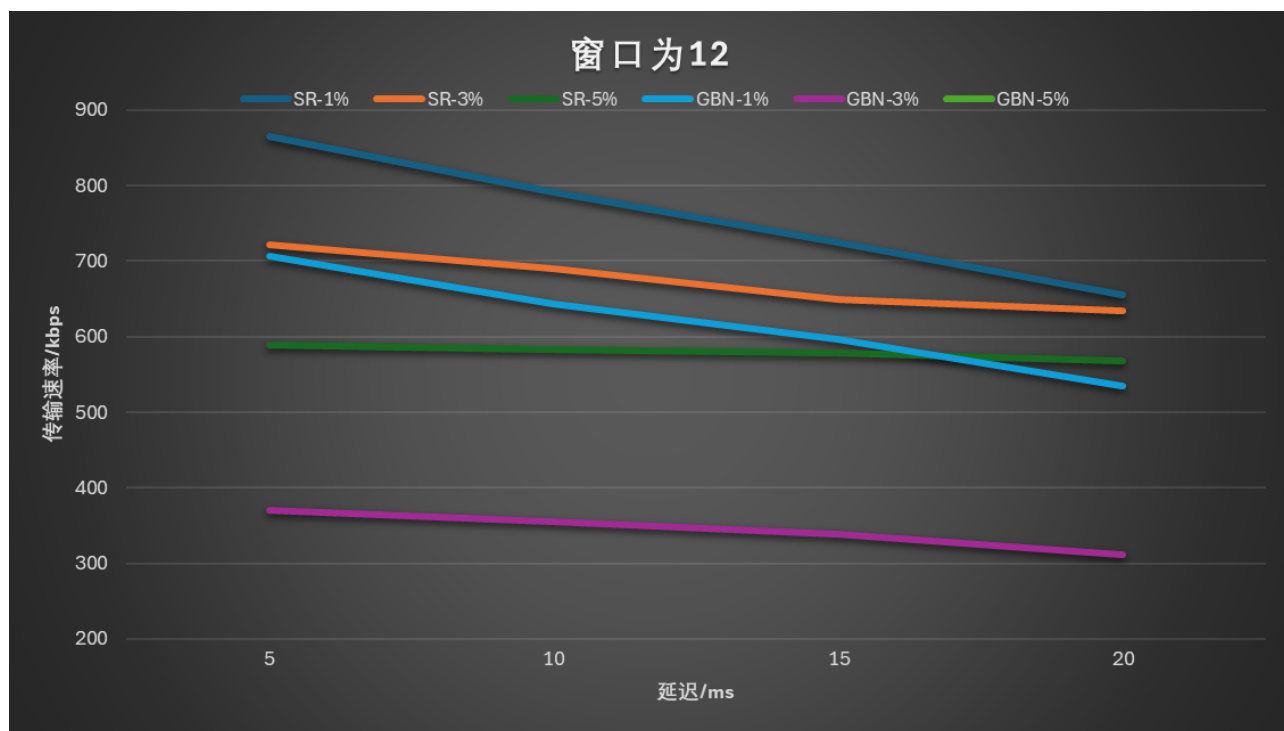


窗口为4



窗口为8





从第一张挑取样本制成的以窗口大小为横坐标的图和之后的各个窗口大小内的比较图可以观察并分析得出：

1. 窗口比较小时，GBN和SR的差距不大，随着窗口增大，SR的优势在各个情况下都逐渐显现：

如之前所分析，窗口增大直接导致的GBN重发包数增多，性能下降，对SR没有这个影响，因此相同窗口大小的时候，SR性能随着窗口增大会显著优于GBN。

2. 随着丢包率的增加，相同窗口下的SR性能优势会逐渐扩大：

如之前所分析，丢包率增加导致的GBN重发次数增多、间接导致流经路由器的包数增多，会比SR多丢一定数目的包，从而导致性能差距进一步拉大。

原始数据

每一组数据的第一个表格表示的是传输时间(s)，第二个表格表示的是传输速率(kbps)

停等	0	1	3	5
5	8.452	18.991	29.507	39.995
10	13.91	21.171	31.288	41.432
15	14.06	22.851	33.04	43.936
20	14.451	26.317	35.941	46.288
50	28.249	38.833	50.557	60.863
100	52.418	62.205	73.387	83.236

停等	0	1	3	5
5	1758.025	782.414	503.569	371.517
10	1068.212	701.848	474.905	359.412
15	1056.816	650.248	449.722	338.192
20	1027.221	564.609	413.423	321.008
50	525.995	382.634	293.902	244.136
100	283.468	238.869	202.472	178.514

GBN-4	0	1	3	5
5	8.355	18.79	31.446	43.418
10	13.345	21.15	33.857	46.014
15	14.151	22.754	35.795	47.419
20	14.28	25.354	38.679	50.319
50	28.454	39.673	54.331	65.135
100	52.592	63.606	79.337	86.902

GBN-4	0	1	3	5
5	1782.357	792.528	473.561	342.982

GBN-4	0	1	3	5
10	1115.893	704.094	439.838	323.632
15	1052.335	654.46	416.024	314.043
20	1042.828	587.347	385.004	295.944
50	523.357	375.358	274.09	228.626
100	283.153	234.122	187.7	173.361

GBN-8	0	1	3	5
5	7.39	19.141	38.097	59.303
10	12.905	22.666	39.391	61.508
15	14.068	23.666	41.586	64.209
20	14.505	26.546	45.4	68.699

GBN-8	0	1	3	5
5	2015.1	777.994	390.886	251.11
10	1153.94	657.001	378.046	242.108
15	1058.544	629.24	358.091	231.924
20	1026.652	560.973	328.009	216.766

GBN-12	0	1	3	5
5	8.098	21.066	40.187	82.229
10	13.253	23.139	41.989	85.522
15	14.13	24.975	43.933	89.556
20	14.416	27.892	47.815	93.807

GBN-12	0	1	3	5
5	1838.922	706.902	370.557	178.923
10	1123.639	643.571	354.655	174.126
15	1053.899	596.26	338.961	166.282
20	1032.99	533.902	311.442	158.747

GBN-16	0	1	3	5
--------	---	---	---	---

GBN-16	0	1	3	5
5	7.523	21.817	51.307	182.718
10	13.042	24.784	56.084	185.316
15	14.191	26.626	60.091	189.568
20	14.541	29.781	67.818	207.736

GBN-16	0	1	3	5
5	1979.475	682.568	290.245	81.5
10	1141.818	600.855	265.523	80.358
15	1049.369	559.288	247.817	78.555
20	1024.11	500.037	219.582	71.685

SR-4	0	1	3	5
5	9.774	18.237	27.31	34.629
10	13.8	20.157	29.401	36.273
15	14.083	22.559	31.01	37.37
20	14.464	24.646	33.317	39.015
50	28.434	38.197	47.704	48.616
100	52.788	59.889	67.526	65.094

SR-4	0	1	3	5
5	1523.592	816.559	545.28	430.032
10	1079.101	738.78	506.48	410.542
15	1057.416	660.118	480.219	398.49
20	1029.562	604.219	446.967	381.689
50	523.725	389.863	312.166	306.31
100	282.102	248.653	220.531	228.77

SR-8	0	1	3	5
5	7.477	17.845	25.22	31.438
10	13.994	19.541	27.04	33.222
15	14.043	21.267	28.697	34.014

SR-8	0	1	3	5
20	15.138	23.903	30.324	35.002
SR-8	0	1	3	5
5	1991.653	834.497	590.468	473.681
10	1064.141	762.069	550.724	448.245
15	1060.428	700.221	518.925	437.808
20	983.722	623.001	491.083	425.45
SR-12	0	1	3	5
5	8.025	17.207	20.637	25.297
10	13.724	18.83	21.561	25.571
15	14.109	20.539	22.942	25.739
20	14.578	22.707	23.485	26.197
SR-12	0	1	3	5
5	1855.65	865.438	721.597	588.67
10	1085.077	790.844	690.673	582.362
15	1055.468	725.04	649.097	578.561
20	1021.511	655.815	634.09	568.446
SR-16	0	1	3	5
5	7.807	16.26	20.135	25.321
10	13.757	18.197	22.097	25.532
15	14.07	19.501	23.457	25.643
20	14.598	21.458	24.864	26.041
SR-16	0	1	3	5
5	1907.467	915.842	739.587	588.112
10	1082.474	818.354	673.919	583.252
15	1058.393	763.632	634.846	580.727
20	1020.112	693.988	598.922	571.852