

# Исследование различных реализаций протокола Token Ring в многопоточной среде.

С.М. Сегаль

Московский Физико-Технический Институт (Национальный Исследовательский Университет)

## Описание окружения.

В исследовании проводится сравнительный анализ разных реализаций системы Token Ring. Сравнительная модель реализована на языке программирования Java 8. В качестве узлов системы используются потоки (Threads). В качестве пакетов данных используются объекты класса ContentPackage. Исследование проводилось на машине со следующими характеристиками: модель hp elitebook 745 g6, ОЗУ 14 Gb, процессор AMD Ryzen 5 PRO 3500U w/ Radeon Vega Mobile Gfx 2.10 GHz, операционная система: Windows 10 корпоративная, объем жесткого диска 237Gb. Характеристики процессора: Кол-во ядер CPU: 4, Кол-во потоков: 8, максимальная частота: до 3.7GHz. Время замеров – 5000 мс.

## 1. Реализация системы с использованием одного volatile поля в каждом узле.

Ниже представлена сравнительная таблица и график для метрики Throughput на одном из узлов кольца:

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	847							
3 узла	1085	822						
4 узла	265	621	986					
5 узлов	285	495	532	656				
6 узлов	507	690	943	373	392			
7 узлов	309	618	372	918	390	306		
8 узлов	96	273	259	25	50	0	0	

Таб.1.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при volatile хранении

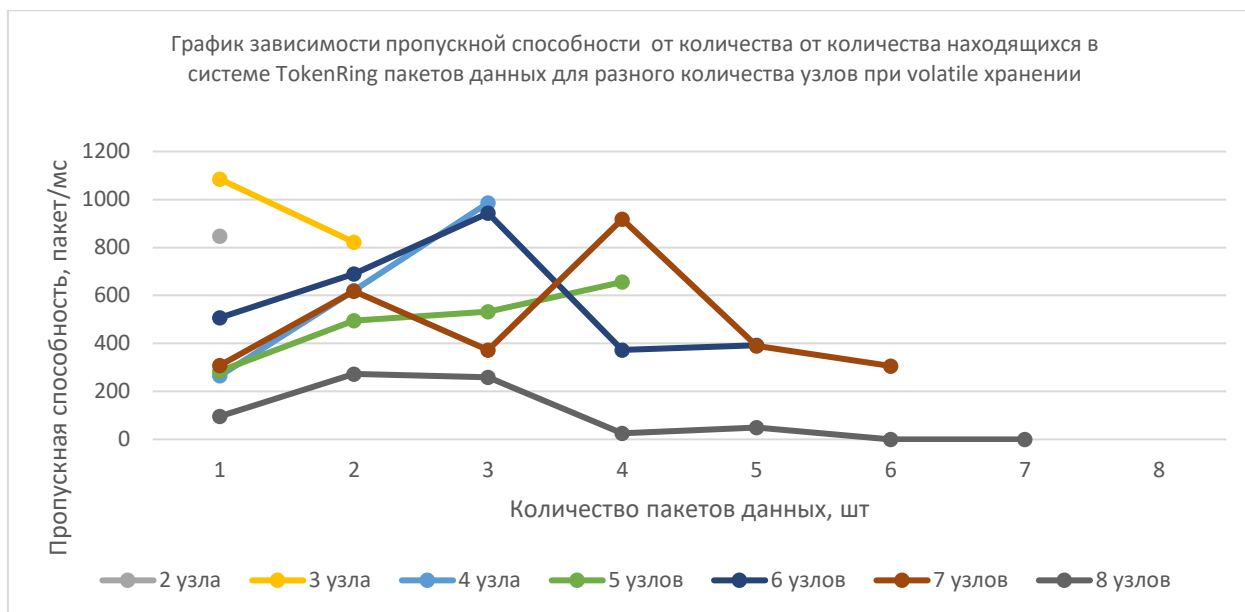


Рис.1.1 зависимость пропускной способности от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при volatile хранении

Измерения проводились на одном из узлов системы. Исходя из описанных выше данных делаем вывод, что наилучшей по пропускной способности конфигурацией данной реализации системы является полностью сеть на 3-х узлах, с 1-м пакетом, передающим данные. Также делаем вывод что пропускная способность данной реализации системы уменьшается в обратной зависимости от количества узлов системы. Данная модель не способна работать при полной загрузке. Максимальная пропускная способность при такой конфигурации в этом эксперименте равна 1085 пакет./мс., (3 узла, 1 пакета), минимальная равна 0 пакет/мс. (8 узлов, 1 пакет).

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	589							
3 узла	307	810						
4 узла	192	250	760					
5 узлов	700	778	444	1218				
6 узлов	328	482	529	412	744			
7 узлов	462	425	429	622	630	2781		
8 узлов	1292	915	1443	19748	12294		932039	

Таб.1.2 зависимость средней задержки передачи пакета данных от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при volatile хранении.

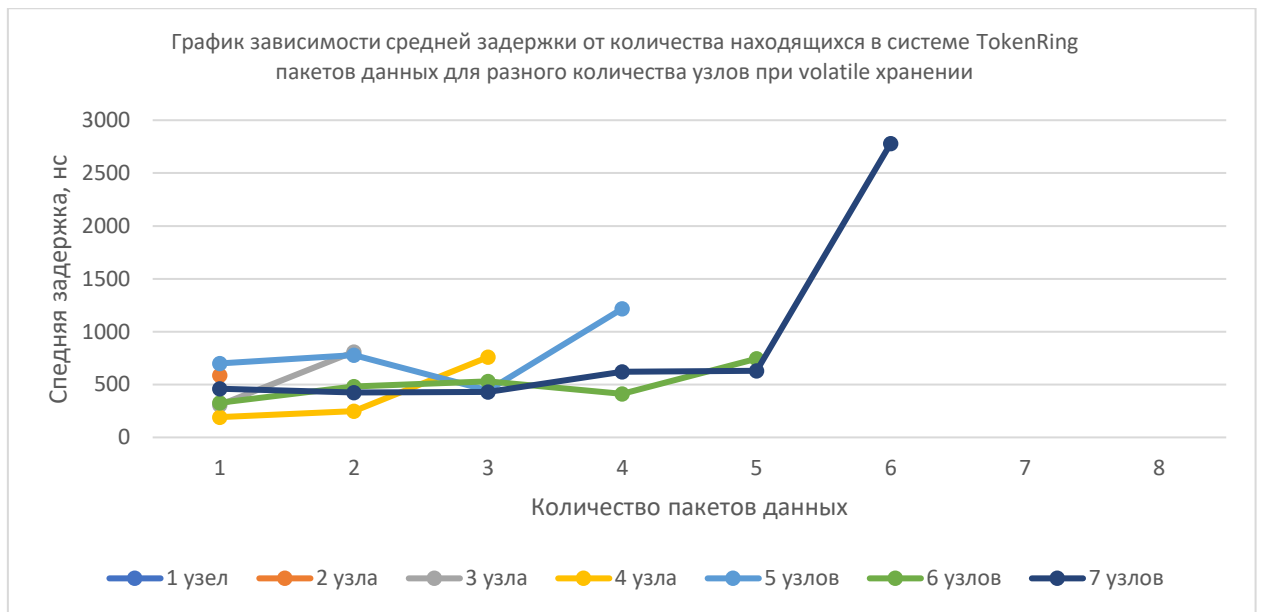


Рис.1.2 зависимость средней задержки передачи пакета данных от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при volatile хранении.

Наименьшая задержка наблюдается в системе из 4-х узлов, в которой находится 1 или 2 пакета. Наибольшая задержка наблюдается при количестве пакетов на одном меньшем, чем количество узлов. Также заметим, что состояния системы с наилучшей метрикой throughput и наилучшей метрикой latency различаются. Максимальная средняя задержка при такой конфигурации в этом эксперименте равна 932039 нс, (8 узлов,7 пакетов), минимальная равна 192 нс. (4 узла, 1 пакет).

## 2. Реализация системы с volatile буфером для передачи данных и обычным полем при хранении данных на узле.

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	763	1660						
3 узла	931	453	717					
4 узла	816	682	392	532				
5 узлов	168	220	421	156	242			
6 узлов	47	56	126	97	200	124		
7 узлов	17	2	2	25	24	2	4	
8 узлов	0	0	0	5	5	2	0	2

Таб. 2.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании volatile буфера для передачи и обычного поля при хранении данных на узле.

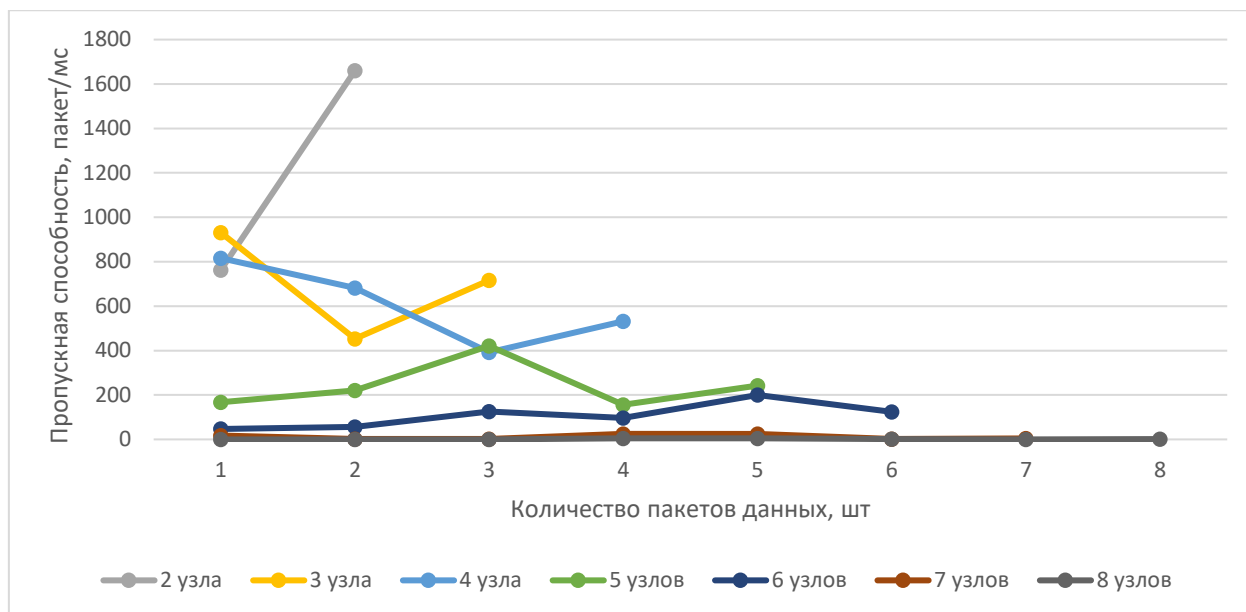


Рис. 2.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании volatile буфера для передачи и обычного поля при хранении данных на узле.

Исходя из описанных выше данных делаем вывод, что наилучшей по пропускной способности конфигурацией данной реализации системы является полностью загруженная сеть на 2-х узлах. Также делаем вывод что пропускная способность данной реализации системы уменьшается в обратной зависимости от количества узлов системы. Максимальная пропускная способность при такой конфигурации в этом эксперименте равна 1660 пакет/мс., (2 узла, 2 пакета), минимальная равна 0 пакет./мс. (8 узлов, 1 пакет)

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	654	602						
3 узла		712	1393					
4 узла		732	583	1878				
5 узлов		1811	1416	2094	4069			
6 узлов		5871	3938	6850	4061	7847		
7 узлов	8028	110608	176321	22304	27437	295216	221126	
8 узлов	9092121		8825196	9555391	119559	304069		351810

Таб. 2.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании volatile буфера для передачи и обычного поля при хранении данных на узле.

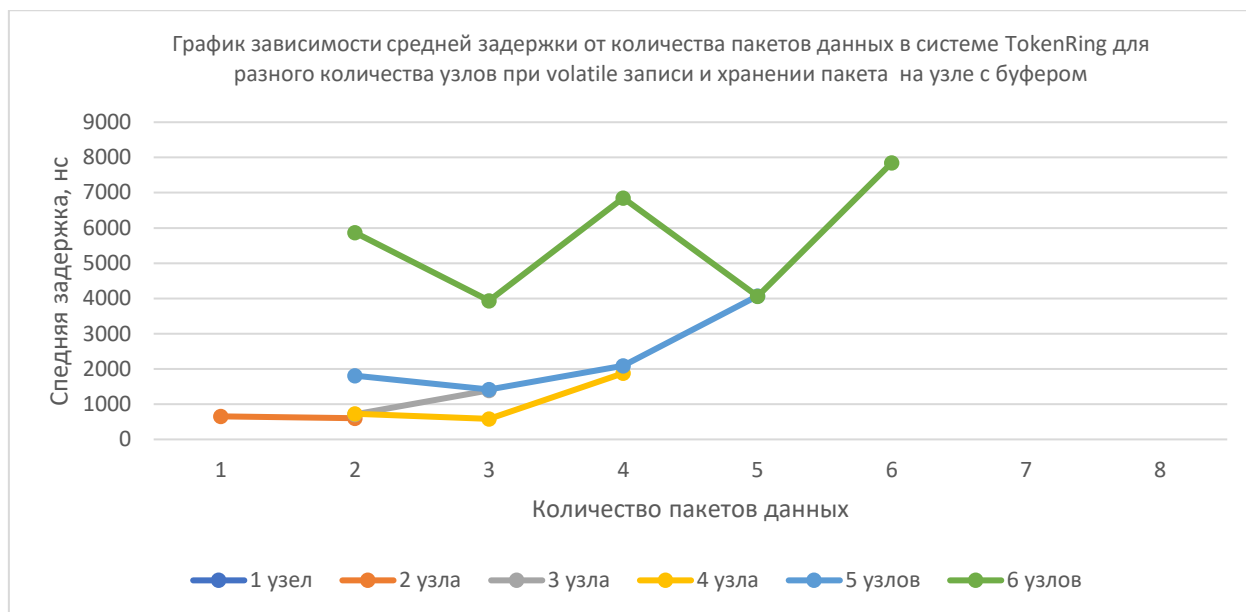


Рис. 2.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании volatile буфера для передачи и обычного поля при хранении данных на узле.

Величина задержки увеличивается вместе с количеством узлов в системе. При 7 и 8 узлах задержка настолько большая, что использование системы становится затруднительным. Наилучший показатель по задержке наблюдается в системе из 4-х узлов с 3-мя пакетами. Данная система испытывает наибольшие задержки при полной загрузке. Максимальная средняя задержка при такой конфигурации в этом эксперименте равна 9555391 нс, (8 узлов, 4 пакета), минимальная равна 583 нс. (4 узла, 3 пакета).

### 3. Система Token Ring с передачей пакетов synchronized блоках.

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	239	792						
3 узла	162	142	57					
4 узла	253	352	74	91				
5 узлов	95	169	94	122	113			
6 узлов	87	148	121	131	56	128		
7 узлов	47	72	99	128	138	31	132	
8 узлов	3	12	33	33	70	78	92	127

Таб. 3.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании synchronized блоков для данных.

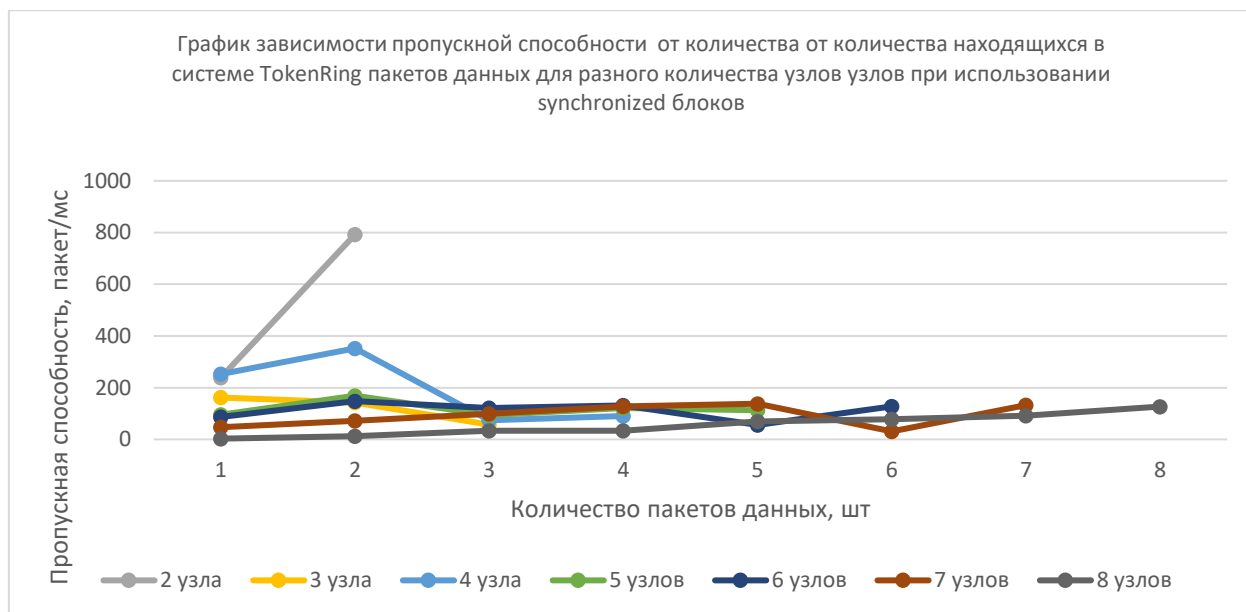


Рис. 3.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании synchronized блоков для данных.

В данной реализации системы наблюдается стабильно низкая пропускная способность при разных конфигурациях. Наилучшая пропускная способность при полностью загруженной системе из 2-х узлов. Тем не менее эта реализация стабильно ведет себя при увеличении количества узлов, что позволяет работать с такими конфигурациями. Максимальная пропускная способность при такой конфигурации в этом эксперименте равна 792 пакет/мс., (2 узла, 2 пакета), минимальная равна 3 пакет./мс. (8 узлов, 1 пакет).

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	2080	1260						
3 узла		4687	17539					
4 узла		1417	10028	10970				
5 узлов		2361	6363	6552	8794			
6 узлов			4125	5071	14672	7792		
7 узлов			4312	4455	5142	5814	7565	
8 узлов		20683	11034	15073	8848	9566	9456	7871

Таб 3.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании synchronized блоков для данных.

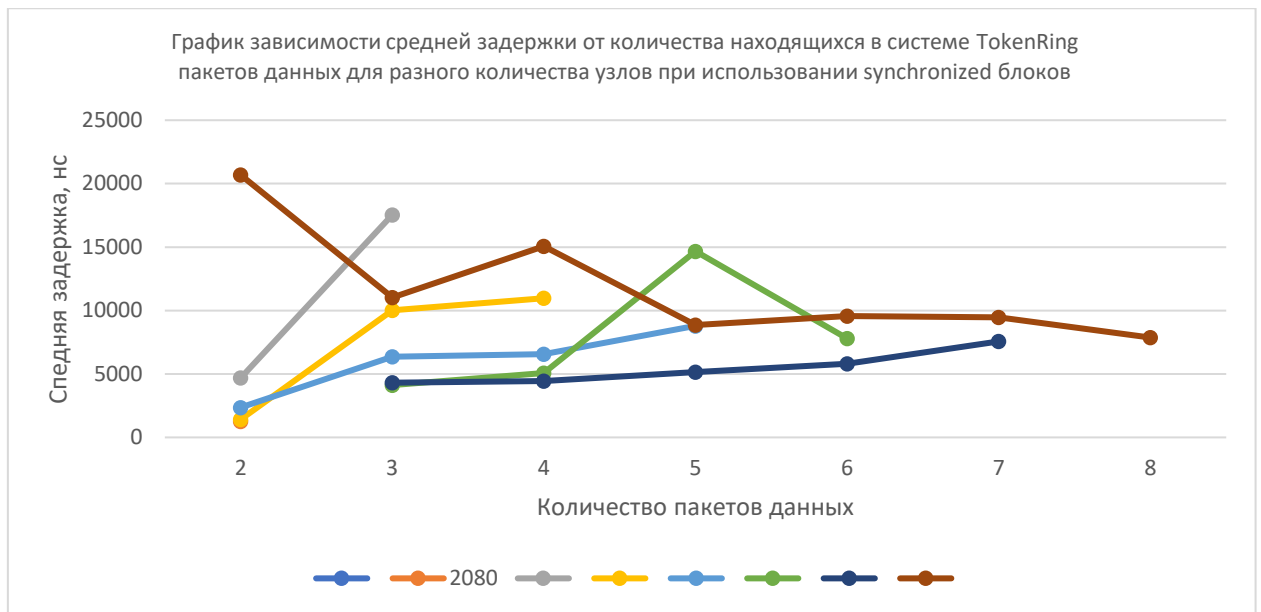


Рис. 3.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании synchronized блоков для данных.

В данной системе наблюдается уменьшение задержек при увеличении количества пакетов при большом количестве узлов. В отличие от описанных выше систем работа при 7+ узлах возможна с приемлемыми задержками. Наибольшая задержка наблюдалась в полностью загруженной системе из 3 узлов. Максимальная средняя задержка при такой конфигурации в этом эксперименте равна 20683 нс, (8 узлов, 2 пакета), минимальная равна 1260 нс. (2 узла, 2 пакета).

#### 4. Система Token Ring , использующая неблокирующую очередь при передаче пакетов.

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	720	1002						
3 узла	773	1244	1641					
4 узла	697	538	1437	677				
5 узлов	570	403	1249	546	1400			
6 узлов	400	654	385	1200	667	1066		
7 узлов	253	253	576	356	779	541	938	
8 узлов	60	129	218	192	302	336	212	384

Таб. 4.1 зависимость пропускной способности от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании неблокирующей очереди при передаче пакетов.

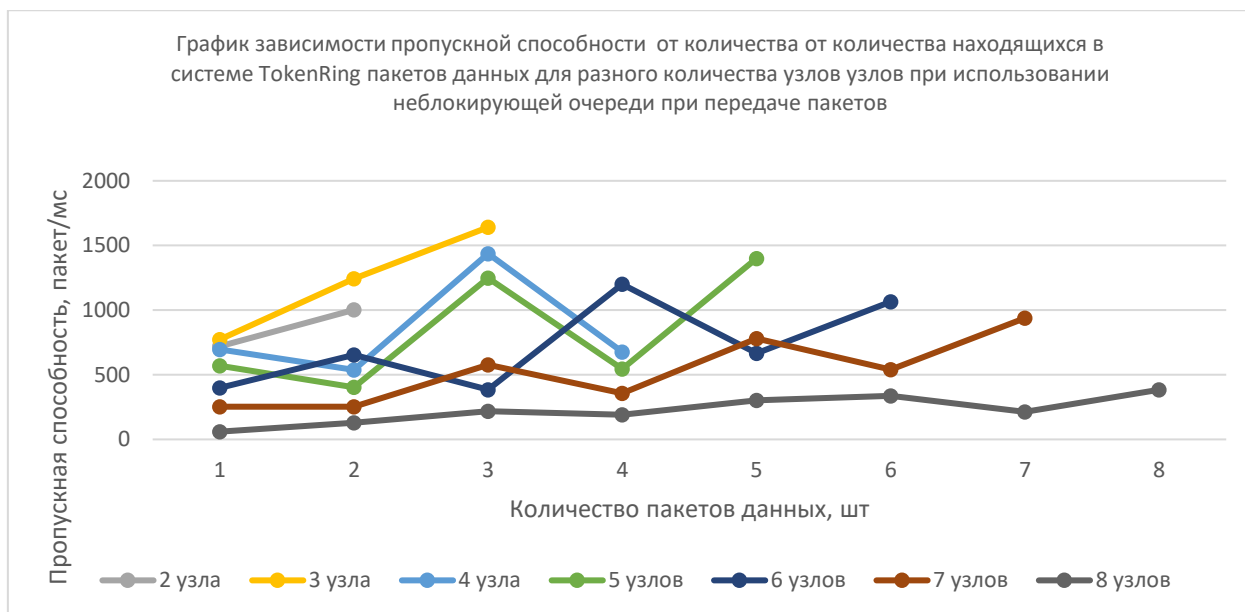


Рис. 4.1 зависимость пропускной способности от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании неблокирующей очереди при передаче пакетов.

Данная конфигурация Token Ring имеет лучшую пропускную способность в случае полностью загруженной системе. Хуже всего она работает на 2-х пакетах в системе. Максимальная пропускная способность при такой конфигурации в этом эксперименте равна 1641 пакет/мс., (3 узла, 3 пакета), минимальная равна 60 пакет./мс. (8 узлов, 1 пакет)

	Количество пакетов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 узел								
2 узла	440	425						
3 узла	430	535	608					
4 узла	358	385	521	570				
5 узлов	350	432	480	576	714			
6 узлов	416	482	569	555	1247	937		
7 узлов	563	1125	743	709	915	1581	1063	
8 узлов	2061	1937	1718	2592	2067	2222	4125	2601

Таб. 4.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании неблокирующей очереди при передаче пакетов.



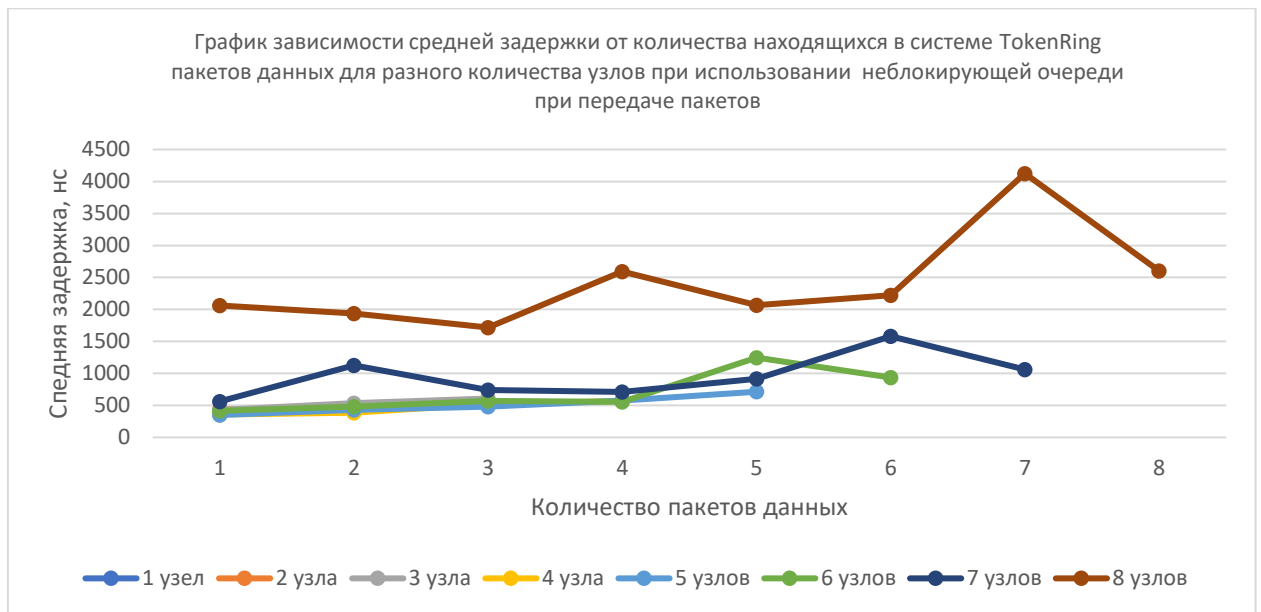


Рис. 4.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе Token Ring пакетов данных для разного количества узлов при использовании неблокирующей очереди при передаче пакетов.

Средние задержки данной конфигурации системы не сильно зависят от количества узлов и пакетов при количестве пакетов < 8. Максимальная средняя задержка при такой конфигурации в этом эксперименте равна 4125 нс, (8 узлов, 7 пакетов), минимальная равна 350 нс. (5 узлов, 1 пакет).

## 5. Выводы

Самая лучшая пропускная способность наблюдалась в реализации с volatile буфером для передачи данных с кольцом из 2 узлов при полной загрузке. Так же хорошо себя показала реализация с неблокирующей очередью, показавшая почти то же значение на полностью загруженной сети из 3-х узлов. Volatile реализация показывала неплохие результаты при большой загруженности системы, но на нее сильно влияет количество узлов в системе. Реализация с неблокирующей очередью оптимальна при большой загруженности сети и большом количестве узлов.

Самая маленькая средняя задержка наблюдалась в реализации с одним volatile полем при минимальной загрузке сети из 4-х узлов. Эта реализация показывает лучшие задержки на небольшом количестве узлов. При большом количестве узлов и сильной загруженности сети лучше всего себя показала реализация с неблокирующей очередью.

Таким образом, реализация с неблокирующей очередью (пункт 4) является наиболее приемлемой для большинства случаев из всех, описанных в этом исследовании.