В исследовании проводится сравнительных анализ разных реализаций системы TokenRing. 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 TokenRing пакетов данных для разного количества узлов при volatile хранении

Рис.1.1 зависимость пропускной способности от количества находящихся в системе TokenRing 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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 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** |  |

равна 0 пакет./мс. (8 узлов, 1 пакет).

Таб.1.2 зависимость средней задержки передачи пакета данных от количества от количества находящихся в системе TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing пакетов данных для разного количества узлов при использовании volatile буфера для передачи и обычного поля при хранении данных на узле.

Величина задержки увеличивается вместе м количеством узлов в системе. При 7 и 8 узлах задержка на столько большая что использование системы становится затруднительным. Наилучший показатель по задержке наблюдается в системе из 4-х узлов с 3-мя пакетами. Данная система наибольшие задержки испытывает 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).

1. **Система TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 TokenRing 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 приемлимыми 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).

1. **Система TokenRing, использующая синхронную 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 TokenRing пакетов данных для разного количества узлов при использовании синхронной очереди при передаче пакетов.

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

Данная конфигурация TokenRing 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 TokenRing пакетов данных для разного количества узлов при использовании синхронной очереди при передаче пакетов.

Рис. 4.2 зависимость средней задержки от количества от количества находящихся в системе TokenRing пакетов данных для разного количества узлов при использовании синхронной 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).

1. **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 синхронной 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 синхронной 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 синхронной очередью.

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