

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.75

Янковский  
Андрей Николаевич

Исследование проблемы консенсуса в распределенных системах

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-40 80 04 Математическое моделирование, численные  
методы и комплексы программ

Научный руководитель

Волорова Наталья Алексеевна

Доцент, кандидат технических наук

Минск, 2016

## Краткое введение

Одной из главных целей разработки распределенных систем является достижение надежности всей системы в целом при наличии сбоев в некоторых ее компонентах. Это зачастую требует от участников согласия относительно некоторого значения, необходимого во время вычислений, – т.е. достижения консенсуса. В общем случае, некоторые из участников могут быть испорченными (например, взломанные сервера, неисправные сенсоры) и пытаться нарушить работоспособность системы и препятствовать достижению консенсуса среди других участников.

Достижение консенсуса – это фундаментальная проблема распределенных отказоустойчивых систем. На нем базируются многие алгоритмы распределенной обработки данных, распределенного управления файлами и распределенные отказоустойчивые системы. Есть множество подходов к решению проблемы и существуют много алгоритмов достижения консенсуса (такие как Raft, Paxos, VR) каждый со своими преимуществами и недостатками.

В данной диссертационной работе рассматривается проблема достижения консенсуса в распределенных системах и его сохранения с целью синхронизации вычислительных элементов и обеспечения возможности принятия решения; анализируются механизмы синхронизации элементов в распределенной системе и их эффективность; приводится описание архитектуры распределенной строгоконсистентной системы хранения данных, основанной на достижении консенсуса, как пример практического применения теоретической базы.

## Общая характеристика работы

Целью диссертационной работы является исследование и систематизация актуальных исследований в области проектирования и разработки распределенных отказоустойчивых систем, анализ принципов построения алгоритмов достижения консенсуса и сравнительный анализ существующих алгоритмов.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ механизмов синхронизации элементов в распределенной системе с несинхронизированными часами
- исследование эффективности существующих алгоритмов достижения консенсуса
- разбор принципов построения алгоритмов достижения консенсуса
- разработка архитектуры распределенной отказоустойчивой системы хранения данных

*Объект исследования* – распределенные вычислительные системы.

*Предмет исследования* – консенсус в распределенных вычислительных системах, его достижение в различных условиях.

*Теоретическая значимость* диссертационного исследования состоит в предложенных моделях и анализе составных элементов консенсуса и их производительности. Предложенные модели и анализ составных элементов консенсуса могут быть полезны при проектировании распределенных отказоустойчивых систем.

*Практическая значимость* диссертационного исследования заключается в том, что предложенная архитектура распределенного хранилища данных может быть использована в качестве основы при проектировании и разработке собственного отказоустойчивого хранилища.

## Краткое содержание работы

Во Введении обосновывается актуальность исследований в области распределенных вычислительных систем и приводится общая характеристика работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней описывается предметная область, приводится мотивация разработки распределенных систем и их классификация.

Во второй главе описываются основные проблемы, которые необходимо учитывать на практике при проектировании и разработке распределенных систем, формулируется проблема достижения консенсуса.

В третьей главе приводится обзор наиболее распространенных существующих алгоритмов достижения консенсуса в распределенных системах и анализируется их производительность.

В четвертой главе анализируются принципы построения алгоритмов достижения консенсуса, рассматриваются их основные составные элементы, такие как, выборы лидера и взаимное исключение.

В пятой главе приводится описание архитектуры распределенного отказоустойчивого хранилища данных, основанного на синхронной репликации данных с помощью алгоритма достижения консенсуса.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

## Заключение

В диссертационной работе были рассмотрены основные принципы построения и функционирования распределенных систем, описаны главные проблемы, которые необходимо учитывать в реальных условиях: проблема византийских отказов (когда участники пытаются нарушить работу протокола) и проблема раздела сети (когда участники теряют связь друг с другом). Были подробно разобраны наиболее распространенные алгоритмы достижения консенсуса: двухфазный и трехфазный коммиты, Paxos и Raft, а также приведено сравнение работы этих алгоритмов.

В рамках исследования был проведен анализ принципов проектирования алгоритмов достижения консенсуса и их основные составные элементы: выборы лидера и возможность принятия однозначного решения. Были приведены примеры алгоритмов для реализации этих составных элементов и проведен их сравнительный анализ в плане производительности и отказоустойчивости.

Наконец, была представлена архитектура распределенного отказоустойчивого хранилища данных. Для операций записи предоставляются гарантии линейризуемости, для операций чтения – последовательной согласованности. Отказоустойчивость системы достигается за счет синхронной репликации выполняемых операций на majority кластера с помощью гибридного алгоритма достижения консенсуса. В зависимости от внешних требований, описанная система может предоставлять гарантии как AP-, так и CP-системы в терминах CAP-теоремы.

## Список публикаций соискателя