

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА  
ВЕЛИКОГО

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВЫСШАЯ ШКОЛА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
ФИЗИКИ

**Компьютерные сети**  
**Отчёт по лабораторной работе №3**  
**“Задача византийских генералов”**

Выполнил:

Студент: Игнатъев Даниил

Группа: 5040102/20201

Принял:

к. ф.-м. н., доцент

Баженов Александр Николаевич

2024 г.

## Содержание

1. Постановка задачи . . . . .	2
2. Теория . . . . .	2
3. Реализация . . . . .	2
4. Результаты . . . . .	3
5. Обсуждение . . . . .	4
6. Приложения . . . . .	4

## 1. Постановка задачи

Пусть дано  $n$  генералов,  $m$  из которых византийские. Каждый генерал в начале располагает неким значением  $v_i$ , не известным другим генералам. Требуется разработать протокол взаимодействия, в результате следования которому каждый невизантийский генерал сформирует набор значений  $\{u_i\}, i = \overline{1, n}$ . Сформированный набор значений должен совпадать у всех генералов, при этом для индексов  $i$ , соответствующих невизантийским генералам,  $u_i$  должно совпадать с  $v_i$ . Будем считать, что каналы связи являются надёжными, а сообщения невозможно подделать. Необходимо реализовать алгоритм Лампорта-Шостака-Пиза для решения задачи византийских генералов.

## 2. Теория

Генералы будут общаться по протоколу, соответствующему частному случаю алгоритма Лампорта-Шостака-Пиза. Обмен сообщениями будет происходить в 2 этапа:

- На первом этапе каждый генерал передаёт всем остальным одно значение, при этом невизантийские генералы честно передают своё значение  $v_i$ , а византийские могут передавать произвольное значение (при этом он может передавать разным генералам разные значения). В результате у каждого генерала образуется вектор значений, пришедших ему от остальных
- На втором этапе каждый невизантийский генерал передаёт всем остальным вектор значений, сформированный на первом этапе, а византийский – вектор произвольных значений (потенциально различных для различных генералов)

В результате у каждого генерала формируется матрица информации, состоящая из вектора, сформированного на первом этапе, и векторов, полученных на втором этапе. Таким образом у генерала про каждого союзника формируется набор из нескольких (потенциально различных) значений. В качестве итогового значения, генерал выбирает наиболее часто встречающееся в наборе. Если таких значений несколько, то итоговое значение считается неопределённым. Алгоритм Лампорта-Шостака-Пиза гарантирует, что следуя его протоколу генералы всегда смогут прийти к консенсусу, в случае если  $n > 3m$ .

## 3. Реализация

Модель реализована на языке программирования Python. Все генералы работают в отдельных потоках, создаваемых с использованием модуля `threading`. Также в отдельных потоках работают все 3 канала связи между генералами. Для обеспечения потокобезопасности каналов используются `mutex` (класс `Lock`

из модуля threading). При переходе к следующему этапу алгоритма установлены точки барьерной синхронизации для всех генералов (класс Barrier из модуля threading).

На канальном уровне генералы общаются с помощью протокола SRP. Сетевой уровень для данной задачи тривиален, так как по условию предполагается, что канал связи существует между любой парой генералов.

## 4. Результаты

Рассмотрим пример работы алгоритма на модельном случае с  $n = 5$ ,  $m = 1$ . В качестве индексов сопоставим генералам числа от 0 до 4 включительно. Последний генерал будет византийским, остальные – честными. Честным генералам изначально сопоставим значения вида  $t_i$ , где  $i$  – индекс генерала. Византийский генерал будет на первом этапе отправлять значения вида  $m3_i$ , где  $i$  – индекс генерала, которому адресовано сообщение, а на втором шаге –  $m3_{ij}$ , где  $i$  – индекс генерала, которому адресовано сообщение,  $j$  – индекс генерала, от которого (как утверждает византийский генерал) было получено это значение на первом этапе.

По результатам первого этапа генералами были сформированы следующие вектора:

**Рис. 1.**  $n = 5, m = 1$ . Первый этап

На втором шаге получены следующие параметры:

**Рис. 2.**  $n = 5, m = 1$ . Второй этап

Затем путём выбора наиболее часто встречающегося элемента, генералы сформировали следующие результаты:

**Рис. 3.**  $n = 5, m = 1$ . Третий этап

Можно заметить, что результаты у всех честных генералов совпадают, а также значения, полученные для честных генералов, соответствуют их реальным значениям (для византийского генерала значение в итоге оказалось неопределённым, так как на первом этапе он всем генералам рассылал разные значения). Можем сделать вывод, что задача византийских генералов решена корректно.

Тем не менее, у алгоритма есть ограничения. Например, если рассмотреть аналогичный случай при  $n = 3$  и  $m = 1$ , византийским опять будет последний генерал, с индексом 2.

**Рис. 4.**  $n = 3, m = 1$

Честным генералам удалось достичь формального консенсуса, так как их результирующие вектора совпадают (только при условии, что они “забывают” своё собственное значение, и пытаются восстановить его, действуя по протоколу), но при этом получить достоверную информацию о значениях друг друга честным генералам не удалось.

## 5. Обсуждение

В результате работы реализован алгоритм Лампорта-Шостака-Пиза для решения частного случая задачи Византийских генералов. Показана работоспособность алгоритма для  $n = 5$  честных генералов и  $m = 1$  византийского генерала среди них. Реализована модель взаимодействия между генералами (независимыми узлами) на сетевом и канальном уровне. Для обеспечения корректной работы параллельного алгоритма были использованы различные примитивы синхронизации.

## 6. Приложения

1. Репозиторий с кодом программы и кодом отчёта:

[Github](#)