Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого

Институт прикладной математики и механики

Высшая школа прикладной математики и физики

Задача византийских генералов
Отчёт по лабораторной работе №3

Выполнил:

Студент: Ли Жуйци
Группа: 5040102/10201

Принял:

к. ф.-м. н., доцент
Баженов Александр Николаевич

2022 г.

Содержание

1. Постановка задача

Пусть n «желтых» генералов возглавляют армии в горах и готовятся атаковать «синих» в долине. Для связи атакующие используют надёжный канал, исключающий подмену сказанного. Однако из n генералов m являются стороной противника (предателями) и активно пытаются воспрепятствовать единомыслию генералов. Соглашение состоит в том, чтобы все генералы обладали истинной информацией о численности всех участвующих армий и пришли к одинаковым выводам (пусть и ложным) относительно состояния армий противника.

Согласно исходной формулировке последнее условие особенно важно, если генералы на основании полученных данных планируют выработать стратегию, причём необходимо, чтобы они выбрали одинаковую стратегию.

По результатам обмена каждый из генералов должен получить вектор целых чисел длины n, в котором i-й элемент либо равен истинной численности i-й армии (если её генерал соблюдает соглашение), либо содержит дезинформацию о численности i-й армии (если её генерал не соблюдает соглашение относительно n от i нулевого, присвоенного главнокомандующему).

При этом векторы, полученные всеми лояльными командирами, должны быть полностью одинаковы.Необходимо обеспечить протоколы общения между главнокомандующими и реализовать алгоритм решения задачи.

2. Теория

Рекурсивный алгоритм решения для частного случая, когда количество генералов ограничено и не может динамически изменяться, был предложен в 1982 г.

2.1. Описание алгоритма

Алгоритм OM(0):
1. Генерал посылает каждому лейтенанту своё значение;
2. Каждый лейтенант использует значение, которое получает от генерала.
Алгоритм OM(m), m > 0:
1. Генерал посылает каждому лейтенанту своё значение;
2. Пусть v_i – значение, которое лейтенант i получает от генерала. Лейтенант i действует как генерал в алгоритме $OM(m-1)$, чтобы послать v_i каждому из n - 2 других лейтенантов;
3. Пусть v_i – значение, которое лейтенант i получил от лейтенанта j на шаге 2 $(i \neq j)$.Лейтенант i использует большинство значений $v_1, v_2, ..., v_n$.

2.2. Пример работы алгоритма

Возьмём n = 4 и m = 1. В этом случае алгоритм осуществляется в 4 шага.
Шаг 1. Каждый генерал посылает всем остальным сообщение, в котором указывает
численность своей армии:
Генерал №1 указал число 1;
Генерал №2 указал число 2;
Генерал №3 послал 1, 2, и 4 генерала числа x, y, z соответственно;
Генерал №4 указал число 4.
Шаг 2. Формируем для каждого генерала вектор получившей им информации:
Генерал №1 получил [1, 2, x, 4];
Генерал №2 получил [1, 2, y, 4];
Генерал №3 получил [1, 2, 3, 4];
Генерал №4 получил [1, 2, z, 4].
Шаг 3. Каждый генерал посылает свой вектор всем остальным. Помним, что генерал №3 отправляет произвольные значения. После этого у каждого генерала есть по четыре вектора:

Генерал 1	Генерал 2	Генерал 3	Генерал 4
[1, 2, x, 4]	[1, 2, x, 4]	[1, 2, x, 4]	[1, 2, x, 4]
[1, 2, y, 4]	[1, 2, y, 4]	[1, 2, y, 4]	[1, 2, y, 4]
[a, b, c, d]	[e, f, g, h]	[1, 2, 3, 4]	[i, j, k, l]
[1, 2, z, 4]	[1, 2, z, 4]	[1, 2, z, 4]	[1, 2, z, 4]

Шаг 4. Каждый генерал определяет для себя размер каждой армии. Чтобы определить размер i-той армии, каждый генерал берет (n - m) чисел – размеры этой армии,пришедшие от всех командиров, кроме командира i-той армии. Если какое-то значение повторяется среди этих (n-m) чисел как минимум (n-m-1) раз, то оно помещается в результирующий вектор, иначе соответствующий элемент результирующего вектора помечается нулём.
Все лояльные генералы получают один вектор [1, 2, f(x, y, z)], где f(x, y, z) – это число, которое встречается как минимум два раза среди значений x, y, z, или None, если все три числа x, y, z различны. Поскольку значения x, y, z и функция f у всех лояльных генералов одни и те же, то согласие достигнуто.

3. Реализация

Канальный уровень Для реализации канала связи между генералами используется протокол Go-Back-N. В начале программы каждая пара генералов создаёт линию связи. При отправке сообщения по каналу в дело вступает отдельный поток, в задачу которого входит организация доставки сообщения. Этот поток «зашит» в канале связи, за счёт чего процесс-отправитель не блокируется на этапе отправки, абстрагируется от реализации протокола и точно уверен, что сообщение дойдёт до получателя. Несмотря на наличие вероятности потери сообщений, протокол Go-Back-N гарантирует доставку сообщений.

Сетевой уровень Сетевой уровень общения генералов реализован с помощью протокола OSPF. Здесь есть реализации маршрутизатора и выделенного маршрутизатора. Для подключения к сети, маршрутизатор сначала устанавливает связь с выделенным маршрутизатором, посылает ему своих соседей и приступает к обработке сообщений.

Топология маршрутизаторов представлена в виде графа в файле topology.py. Здесь содержится работа с узлами (добавление, удаление), работа со связями между узлами (добавление, удаление), алгоритм Дейкстры для SPF.

4. Результаты

Пусть n = 4, m = 1. Предателем будет третий генерал (нумерация с 0). Предатель отправляет случайное значение на отрезке [0, n - 1]. Сообщения, которые получили генералы:
Генерал №0 получил [0, 1, 2, 3];
Генерал №1 получил [0, 1, 2, 1];
Генерал №2 получил [0, 1, 2, 0];
Генерал №3 получил [0, 1, 2, 0].
Далее получены следующие наборы векторов:

Генерал 1	Генерал 2	Генерал 3	Генерал 4
[0, 1, 2, 3]	[0, 1, 2, 3]	[0, 1, 2, 3]	[0, 1, 2, 3]
[0, 1, 2, 1]	[0, 1, 2, 1]	[0, 1, 2, 1]	[0, 1, 2, 1]
[0, 1, 2, 0]	[0, 1, 2, 0]	[0, 1, 2, 0]	[0, 1, 2, 0]
[1, 1, 2, 2]	[2, 1, 1, 1]	[2, 2, 1, 2]	[2, 2, 1, 2]

В результате получаем следующие результирующие векторы:
Генерал №0 получил [0, 1, 2,None];
Генерал №1 получил [0, 1, 2, 1];
Генерал №2 получил [0, 1, 2,None];
Генерал №3 получил [0, 1, 2,None].
По результатам программы все лояльные генералы получили идентичную информацию о значениях друг друга. Но генерал №1 смог сделать вывод о значении предателя, т.к. для него предатель случайно повторил значение 1.

5. Обсуждение

Была реализована программа, которая моделирует взаимодействия между генералами (независимыми) узлами на сетевом и канальном уровне. Также программа содержит решение задачи византийских генералов, что симулирует наличие злоумышленника в сети. Также был продемонстрирована работа алгоритма при $\mathrm{n} = 4$ и $\mathrm{m} = 1$.

6. Список литературы

1. Задача византийских генералов [Электронный ресурс] / Режим доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki / (20.02.2022).
2. https://github.com/Li-Rui-QI/-CompNetworks/tree/main/Lab3