

Санкт-Петербургский Политехнический университет
Петра Великого
Институт прикладной математики и механики
Высшая школа прикладной математики и вычислительной физики

КУРСОВАЯ РАБОТА
Разработка контроллера светофоров и его верификация
по дисциплине
"Верификация распределённых алгоритмов и протоколов"

Выполнил:
студент гр.3640102/00201
Преподаватель:
к.т.н, доцент ВШПИ ИКНТ

Лансков.Н.В.
Шошмина И.В

Санкт-Петербург
2020

Содержание

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Список иллюстраций | 1 |
| 2 | Список таблиц | 1 |
| 3 | Постановка задачи | 2 |
| 4 | Построение модели | 4 |
| 4.1 | Внешняя среда | 4 |
| 4.2 | Светофор | 4 |
| 4.3 | Взаимодействие процессов | 4 |
| 5 | Верификация алгоритма средствами spin | 4 |
| 6 | Анализ результатов работы | 5 |
| 1 | Список иллюстраций | |
| 1 | Перекрёсток | 2 |
| 2 | Список таблиц | |
| 1 | Варианты пересечений | 2 |

3 Постановка задачи

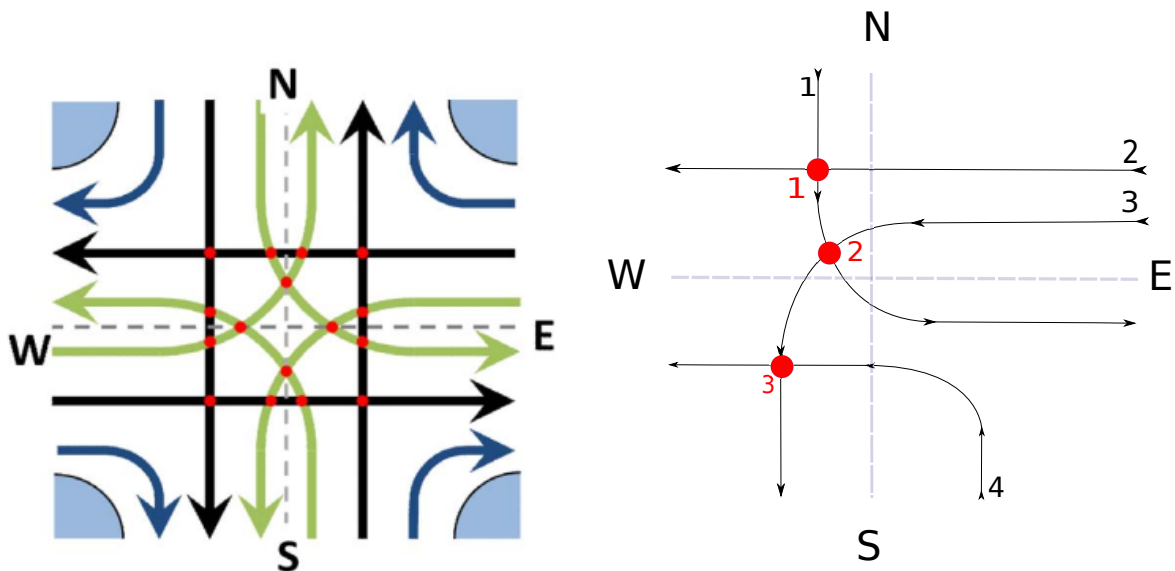
Дан перекрёсток с четырьмя двухсторонними направлениями движения. В каждом направлении имеются три полосы. Точная схема перекрёстка задаётся пересечениями направлений движения, указанными в таблице 1

Вариант: 12, 13, 15

| Вариант | Пересечение | Вариант | Пересечение |
|---------|-------------|-----------|---------------|
| 1 | WN, NS | 9 | SN, WE |
| 2 | WN, NE | 10 | SN, EW |
| 3 | WN, SW | 11 | SN, ES |
| 4 | WN, EW | 12 | NE, EW |
| 5 | NS, SW | 13 | NE, ES |
| 6 | NS, WE | 14 | SW, WE |
| 7 | NS, EW | 15 | SW, ES |
| 8 | SN, NE | 16 | WE, ES |

Таблица 1: Варианты пересечений

Для наглядности также привожу схематическое изображение полос движения и пересечений для своего варианта 1.



(a) Схема всех направлений движения

(b) Схема направлений и пересечений для текущего варианта

Рис. 1: Перекрёсток

Каждое направление движения регулируется своим светофором. Если машин нет - светофор горит красным светом. Если машины есть - светофор загорается зелёным (как только появится такая возможность) и пропускает все машины, после чего снова загорается красным. Требуется разработать модель контроллера светофоров, которая бы удовлетворяла следующим свойствам, заданным в виде ltl формул.

Также в модели требуется отразить поведение внешней среды.

Листинг 1: Формулы линейной темпоральной логики, отражающие требования к системе

```

1 #define crash_1 \
2     (traffic_lights_color[0] == GREEN && \
3     traffic_lights_color[1] == GREEN)
4 #define crash_2 \
5     (traffic_lights_color[0] == GREEN && \
6     traffic_lights_color[2] == GREEN)
7 #define crash_3 \
8     (traffic_lights_color[2] == GREEN && \
9     traffic_lights_color[3] == GREEN)
10
11 #define car_sense_0 (len(car_sensor[0]) > 0)
12 #define car_sense_1 (len(car_sensor[1]) > 0)
13 #define car_sense_2 (len(car_sensor[2]) > 0)
14 #define car_sense_3 (len(car_sensor[3]) > 0)
15
16 #define tl_green_0 (traffic_lights_color[0] == GREEN)
17 #define tl_green_1 (traffic_lights_color[1] == GREEN)
18 #define tl_green_2 (traffic_lights_color[2] == GREEN)
19 #define tl_green_3 (traffic_lights_color[3] == GREEN)
20
21 /* LTL formulae descriptions */
22
23 /* Safety */
24 [] (!crash_1)
25 [] (!crash_2)
26 [] (!crash_3)
27
28 /* Liveness */
29 [] (car_sense_0 -> ◇ tl_green_0)
30 [] (car_sense_1 -> ◇ tl_green_1)
31 [] (car_sense_2 -> ◇ tl_green_2)
32 [] (car_sense_3 -> ◇ tl_green_3)
33
34 /* Fairness */
35 [] ◇ !(tl_green_0 && car_sense_0)
36 [] ◇ !(tl_green_1 && car_sense_1)
37 [] ◇ !(tl_green_2 && car_sense_2)

```

```
38  [] <> !(tl_green_3 && car_sense_3)
```

4 Построение модели

4.1 Внешняя среда

4.2 Светофор

4.3 Взаимодействие процессов

Модель состоит из процессов, моделирующих поведение светофоров, дорожных пересечений, а также из процессов, генерирующих потоки машин. Процесс, генерирующий поток машин для определённого направления, оставляет сообщение в канале *car_sense[i]* ёмкостью 1. Контроллер светофора, обслуживающий тоже направление, читает сообщение из этого канала, и затем начинает последовательно захватывать ресурсы (пересечения). Это делается посредством отправки сообщений процессам, обслуживающим соответствующие пересечения по каналам блокировки. Процесс, управляющий пересечением, читает сообщение о блокировке, отправляет по рандеву каналу сообщение о подтверждении блокировки, и блокируется, ожидая сообщения об освобождении от блокирующего контроллера светофора. Когда контроллер светофора заблокировал все пересечения, через которые проходит регулируемый маршрут, он читает сообщение из канала о том, что машины ожидают проезда, меняет свой цвет на зелёный, и переключается обратно на красный. После этого отправляются сообщения о разблокировке пересечений в обратном порядке. Каналы, передающие пересечениям сообщения о блокировке, выглядят следующим образом:

Листинг 2: Каналы сообщений, обеспечивающие взаимодействие процессов контроллеров светофоров и процессов дорожных пересечений

```
23 chan lock [N_OF_INTERSECTIONS] = [N_OF_TRAFFIC_LIGHTS] of { mtype, byte }
24 chan accept [N_OF_TRAFFIC_LIGHTS] = [0] of { mtype }
25 chan release [N_OF_INTERSECTIONS] = [0] of { mtype }
```

Таким образом обеспечивается последовательная обработка светофорами входящие потоки машин по всем направлениям, а рандеву каналы позволяют осуществлять синхронное взаимодействие между процессами контроллеров светофоров и дорожных пересечений.

5 Верификация алгоритма средствами spin

При верификации, за один "такт" верификатор spin делает только 1 шаг в одном из активных процессов, тем самым переводя систему в следующее состояние. Чтобы spin мог корректно верифицировать построенную модель, будем проводить процедуру верификации при условии "слабой справедливости". Эта опция spin позволяет гарантировать, что каждый доступный к исполнению процесс будет выбран верификатором spin для исполнения. Также при верификации были увеличены такие параметры, как доступный при

верификации объём оперативной памяти, а также число допустимых состояний, которое может быть достигнуто при верификации. Кроме того, были добавлены следующие флаги компиляции:

6 Анализ результатов работы

В результате работы были изучены особенности проектирования систем параллельных вычислений. построена корректно работающая модель контроллера светофоров, а также получены практические навыки работы с пакетом spin,