

Лабораторная работа № 12

Пример моделирования простого протокола передачи данных

Мугари Абдеррахим

19 апреля 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Анна Владиславовна Королькова
- доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН;
- заведующий лабораторией кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН (по совместительству);
- программист I кат.
- Российский университет дружбы народов
- korolkova-av@rudn.ru

- Мугари Абдеррахим
- Студент третьего курса
- фундаментальная информатика и информационные технологии
- Российский университет дружбы народов
- 1032215692@rudn.ru
- <https://iragoum.github.io/>



Реализовать простой протокол передачи данных в CPN Tools.

Задание

- Реализовать протокол передачи данных.
- Вычислить пространство состояний, сформировать отчет и построить граф.

Выполнение лабораторной работы

Основные состояния: источник (Send) и получатель (Receiver).

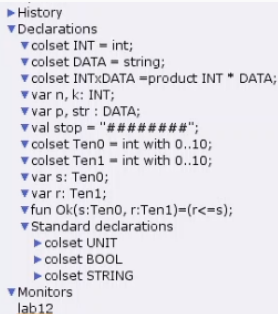
Действия (переходы): отправка пакета (Send Packet) и отправка подтверждения (Send ACK).

Промежуточное состояние: следующий посылаемый пакет (NextSend).

Определим декларации модели

- **DATA:** множество строк для передачи.
- **INTxDATA:** кортеж из номера пакета и строки.
- **Переменные:**
 - **n, k** (тип int): номера текущего и следующего пакетов.
 - **p** (тип str): передаваемая строка.
 - **stop** (тип DATA): стоп-символ ("#####").

Добавим вероятность потери пакетов через переменные *s* и *v* типов *Ten0* и *Ten1* (значения от 0 до 10). Функция *Ok* определяет успешность передачи.



```
► History
▼ Declarations
  ▼ colset INT = int;
  ▼ colset DATA = string;
  ▼ colset INTxDATA =product INT * DATA;
  ▼ var n, k: INT;
  ▼ var p, str : DATA;
  ▼ val stop = "#####";
  ▼ colset Ten0 = int with 0..10;
  ▼ colset Ten1 = int with 0..10;
  ▼ var s: Ten0;
  ▼ var r: Ten1;
  ▼ fun Ok(s:Ten0, r:Ten1)=(r<=s);
  ▼ Standard declarations
    ► colset UNIT
    ► colset BOOL
    ► colset STRING
  ▼ Monitors
    lab12
```

Рис. 1: Задание деклараций

Состояние **Send** имеет тип INTxDATA и начальную маркировку. Стоповый байт ("#####") указывает конец сообщения. Состояние **Receiver** хранит данные (тип DATA) и начинается с пустой строки. Состояние **NextSend** типа INT инициализируется значением 1'1.

Переход **Send Packet** связан с состоянием **NextSend** через дуги с выражениями **n** и **k**. Промежуточные состояния **A**, **B**, **C**, **D** помогают управлять передачей данных и подтверждений.

Добавлен переход **Receive Packet**, который проверяет номер пакета и добавляет данные к полученной строке, если номер совпадает. Состояние **NextRec** управляет номером следующего ожидаемого пакета.

Выполнение лабораторной работы

На переходах **Transmit Packet** и **Transmit ACK** задана вероятность потери пакетов через пороговое значение. Для этого используются вспомогательные состояния **SP** и **SA** с начальным значением 1'8.

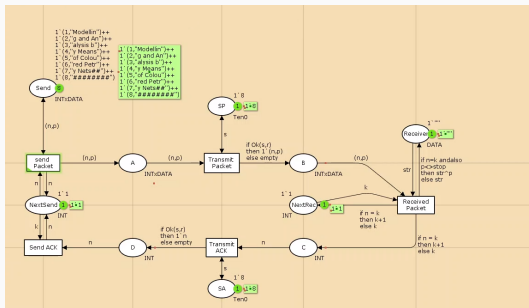


Рис. 2: Граф системы

Вычислим пространство состояний. Для этого используется инструмент **Войти в пространство состояний**, который формирует код для анализа. Процесс может занять некоторое время. Если предполагается, что пространство состояний будет небольшим, можно сразу применить инструмент **Вычислить пространство состояний** к листу с сетью. После вычисления сформируем отчет и сохраним его с помощью инструмента **Сохранить отчет о пространстве состояний**, указав имя файла.

Из отчета можно выделить следующие ключевые моменты:

- **Общая статистика:**
 - Количество состояний: 20711.
 - Количество переходов: 333468.
- **Границы значений элементов:**
 - Промежуточные состояния **A, B, C**: наибольшая верхняя граница у **A** (так как после него возможна потеря пакетов). У состояния **B** верхняя граница равна 10.
 - Вспомогательные состояния **SP, SA, NextRec, NextSend, Receiver**: в них может находиться только один пакет.
 - Состояние **Send**: содержит только 8 элементов (задано изначально и не изменяется).
- **Границы в виде мультимножеств**: указаны для каждого состояния.

- **Маркировка:**
 - **Home маркировка:** отсутствует, так как из-за вероятности потери пакетов нет состояний, достижимых из любого другого.
 - **Dead маркировка:** 8782 состояний [24890,24889,24888,24887,24886,...]. Это состояния, в которых нет активных переходов.
- **Частота событий:**
 - Бесконечно часто происходят события **Send_Packet** и **Transmit_Packet** (они поддерживают передачу данных).
 - Переходы **Send_ACK**, **Transmit_ACK**, **Receive_Packet** не имеют гарантии справедливости (возможны бесконечные последовательности, но они не срабатывают из-за условий перехода).

CPN Tools state space report for:

/home/openmodelica/lab122.cpn

Report generated: Sun Apr 27 02:35:23 2025

Statistics

State Space

Nodes: 24890

Arcs: 398949

Secs: 300

Status: Partial

Scc Graph

Nodes: 13103

Boundedness Properties

Best Integer Bounds	Upper	Lower
lab12'A 1	21	0
lab12'B 1	10	0
lab12'C 1	7	0
lab12'D 1	5	0
lab12'NextRec 1	1	1
lab12'NextSend 1	1	1
lab12'Receiver 1	1	1
lab12'SA 1	1	1
lab12'SP 1	1	1

Best Upper Multi-set Bounds

```
lab12'A 1          21^(1,"Modellin")++
17^(2,"g and An")++
12^(3,"alysis b")++
7^(4,"y Means")++
2^(5,"of Colou")
lab12'B 1          10^(1,"Modellin")++
8^(2,"g and An")++
6^(3,"alysis b")++
3^(4,"y Means")++
1^(5,"of Colou")
lab12'C 1          7^2++
5^3++
```

2`5

lab12'D 1

5`2++

4`3++

3`4++

1`5

lab12'NextRec 1

1`1++

1`2++

1`3++

1`4++

1`5

lab12'NextSend 1

1`1++

1`2++

1`3++

```
lab12'Receiver 1      1`"++  
1`"Modellin"++  
1`"Modelling and An"++  
1`"Modelling and Analysis b"++  
1`"Modelling and Analysis by Means"  
lab12'SA 1           1`8  
lab12'SP 1           1`8  
lab12'Send 1         1`(1,"Modellin")++  
1`(2,"g and An")++  
1`(3,"alysis b")++  
1`(4,"y Means")++  
1`(5,"of Colou")++  
1`(6,"red Petr")++
```

Best Lower Multi-set Bounds

lab12'A 1	empty
lab12'B 1	empty
lab12'C 1	empty
lab12'D 1	empty
lab12'NextRec 1	empty
lab12'NextSend 1	empty
lab12'Receiver 1	empty
lab12'SA 1	1`8
lab12'SP 1	1`8
lab12'Send 1	1`(1,"Modellin")++

1`(2,"g and An")++
1`(3,"alysis b")++

Home Properties

Home Markings

None

Liveness Properties

Dead Markings

8782 [24890,24889,24888,24887,24886,...]

Dead Transition Instances

None

Live Transition Instances

None

Fairness Properties

Сформируем начало графа пространства состояний. Из-за большого количества состояний отображается только его фрагмент

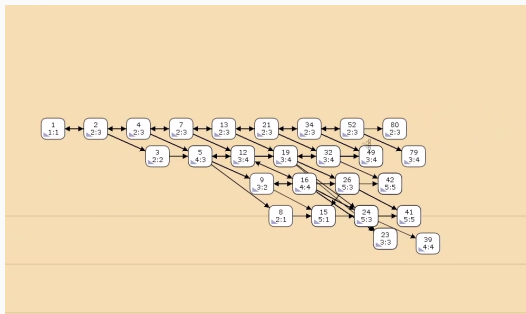


Рис. 4: Пространство состояний для модели простого протокола передачи данных

Выводы

В ходе выполнения работы был реализован в CPN Tools простой протокол передачи данных. Также был проведен анализ пространства состояний, включая вычисление переходов, формирование отчета и построение графа состояний.