



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

УДК 004.7

DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-3-9

МЕХАНИЗМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ В СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛАХ

А. А. Мамонтова, Н. Ю. Лега, Н. Ю. Чумакова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье проведен сравнительный анализ механизмов планирования, реализуемых в сетевых протоколах. Детально изложены алгоритмы обеспечения качества сервиса «планирование». Отмечены их особенности, а также достоинства и недостатки каждого метода планирования. В заключении сделан вывод о том, какой из механизмов лучше обеспечивает качество сервиса «планирование».

Ключевые слова: качество сервиса, механизм планирования, сетевые протоколы, временной интервал, потеря пакетов, контроль перегрузок, расписание.

Для цитирования:

Мамонтова, А. А. Механизмы планирования в сетевых протоколах / А. А. Мамонтова, Н. Ю. Лега, Н. Ю. Чумакова // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 3(37). – с. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-3-9.

SCHEDULING MECHANISMS IN NETWORK PROTOCOLS

A. A. Mamontova, N. Yu. Lega, N. Yu. Chumakova

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

In the article the comparative analysis of scheduling mechanisms realized in network protocols is carried out. The algorithms for ensuring the quality of "planning" service are described in detail. Their peculiarities, as well as advantages and disadvantages of each scheduling method are noted. The conclusion is made about which of the mechanisms better ensures the quality of service "planning".

Keywords: quality of service, scheduling mechanism, network protocols, time interval, packet loss, congestion control, schedule.

For citation:

Mamontova, A. A. Scheduling mechanisms in network protocols / A. A. Mamontova, N. Yu. Lega, N. Yu. Chumakova // System analysis and logistics. – 2023. – № 3(37). – p. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-3-3-9.

Введение

Качество сервиса «планирование» применяется для обеспечения гарантированной передачи данных и избегания конфликтов за счет разделения общих ресурсов сети между несколькими абонентами.

Существует множество протоколов, в которых реализованы методы, обеспечивающие данное качество сервиса. Однако каждый алгоритм планирования обладает как преимуществами, так и недостатками.

В статье приведен сравнительный анализ алгоритмов и подходов, реализованных в сетевых протоколах и стандартах передачи данных для обеспечения качества сервиса Планирование.

1. TCP Reno

Механизм планирования в протоколе TCP (Transmission Control Protocol, Протокол управления передачей) основан на механизме «Congestion Control» – контроля перегрузки [1]. Этот механизм включает в себя несколько методов. Рассмотрим наиболее распространенный из них – механизм управления перегрузкой TCP Reno (Рис. 1). Борьба с перегрузками начинается с фазы «медленный старт» до времени $t = 1с$. Размер окна перегрузки увеличивается на единицу для каждого успешно доставленного пакета. Это приводит к экспоненциальному росту до тех пор, пока не будет выявлен первый потерянный пакет – при этом окно перегрузки уменьшается вдвое. В результате получается пилообразный график для



размера окна перегрузки, как показано на Рис. 1. Алгоритмы предотвращения перегрузки, основанные на потерях, должны быть реализованы только отправителем. Получатель, который тоже является отправителем, посылая подтверждения, может использовать совершенно другой алгоритм предотвращения перегрузки.

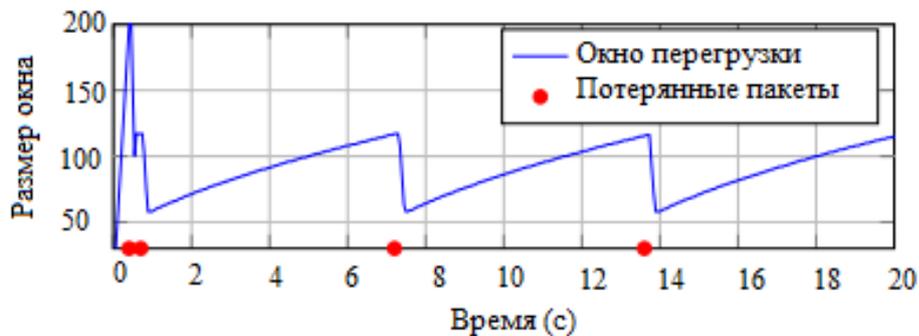


Рис. 1. Изменение окна перегрузки после потери пакета в TCP Reno

2. TTCAN

Основанный на механизме TDMA (Time Division Multiple Access, Множественный доступ с разделением по времени) протокол Time-triggered Controller Area Network обеспечивает отправку сообщений по расписанию [2]. Механизм заключен в разделении времени в сети на временные окна, в рамках которых происходит передача сообщений. Таким образом образуется расписание, которое представляет собой матрицу, называемую Матрицей Цикла [3]. Начала каждого цикла в ней задается специальным сообщением, а конец обозначается приходом последующего.

3. CDMA

В стандарте передачи данных DOCSIS (Data Over Cable System Interface Specifications, передача данных по сетям кабельного телевидения) предусмотрен метод планирования посредством разделения общих ресурсов сети, используемой несколькими абонентами. Для идентификации соединений CDMA (Code Division Multiple Access, Множественный доступ с кодовым разделением) использует коды. При таком способе разделения каналы создаются при помощи широкополосного кодомодулированного радиосигнала. Источник передает информацию в общий канал в едином частотном диапазоне. При помощи передатчика модулируется сигнал с применением отдельного числового кода, который присвоен в данный момент каждому пользователю. В свою очередь настроенный на аналогичный код приемник способен вычленять из общего частотного диапазона ту часть сигнала, которая предназначена именно ему.

4. Коммуникационный раунд

FlexRay – сетевой протокол, используемый для передачи данных в автомобилях. Он был разработан мировым консорциумом FlexRay, создателем которого является компания NXP (Next eXPerience) совместно с BMW, Bosch, DaimlerChrysler, Volkswagen. Система FlexRay состоит из шины и нескольких электронных блоков управления.

Полное расписание передачи данных по FlexRay называется коммуникационным раундом [2]. Он состоит из статического сегмента, который в свою очередь включает в себя фиксированное количество слотов, время простоя сети, динамический сегмент и символического окна. Количество слотов является конфигурируемым параметром и в статическом сегменте и указывается в наносекундах.

5. CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance, множественный доступ с контролем несущей и избеганием коллизий)



В технологии передачи данных по электрической сети HomePlug предусмотрен метод разделения канала между несколькими пользователями, включающий в себя метод предотвращения коллизий данных.

В данном методе используется схема прослушивания несущей волны. Узел, который собирается начать передачу данных, сначала посылает jam-signal (сигнал затора). После этого любой другой узел так же может послать этот сигнал. Если во время передачи узел обнаруживает jam-signal от другой станции, то он останавливает передачу. В этот момент у каждого устройства, пославшего сигнал, случайным образом определяется некоторое время (время простоя), когда устройства не могут высылать данные. После истечения этого времени, каждый узел продолжает отправку данных в разное время.

6. Таблица расписаний

Протокол STP-ISS-14 – это транспортный протокол, предназначенный для применения в сетях SpaceWire. Разработан АО «ИСС» имени академика М. Ф. Решетнёва [4,5].

В соответствии с механизмом планирования в протоколе STP-ISS-14 для сети SpaceWire создается расписание, оно имеет вид таблицы. Пример таблицы расписаний представлен на Рис. 2.

Узел	Тайм-слоты, разрешенные для отправки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Узел 1	■	■				■	■			
Узел 2			■					■		
Узел 3				■	■	■	■			
Узел 4	■					■				

Рис. 2. Таблица расписания

Для каждого узла таблица расписаний предполагает передачу данных в заданные для него интервалы времени. Узел может передавать данные только в течение своего временного интервала, а в конце этого промежутка времени узел, отправляющий пакет, должен остановить передачу данных только после завершения передачи текущего пакета. Расписание и длительность временного интервала задаются на этапе конфигурации. При чем синхронизация этих показателей осуществляется раз в эпоху, которая состоит из определенного количества интервалов. Эпоха должна состоять как минимум из двух временных интервалов.

Количество временных интервалов N_{TS} в эпохе также должно быть определено на этапе конфигурации. Каждый узел сети хранит в себе значение длительности своего временного интервала D_{TS} . Зная вышеперечисленные показатели, можно вычислить значение длительности эпохи D_E :

$$D_E = N_{TS} \cdot D_{TS} \quad (1)$$

В случае изменения длительности временного интервала значение длительности эпохи вычисляется заново.



В протоколе СТП-ИСС-14 задается окно ожидания метки времени, в рамках которого определяется актуальность принятой метки времени [3]. Данный параметр задается как количество временных интервалов на границе двух эпох.

В процессе синхронизации может возникнуть две ситуации:

1. Узел начал новую эпоху, а ожидаемая метка времени была получена в течение первых временных интервалов временной эпохи
2. Метка времени пришла во время последних временных интервалов эпохи

В таком случае необходима синхронизация внутреннего таймера временного интервала мастера времени.

В первой ситуации значение длительности временного интервала и значение длительности эпохи пересчитываются соответственно по формулам (2) и (3):

$$D_{TS_new} = D_{TS} + \frac{\Delta t}{N_{TS}}, \quad (2)$$

где Δt – время, которое прошло с начала текущей эпохи.

$$D_E = D_{TS_new} \cdot N_{TS}, \quad (3)$$

В втором случае узел завершает текущую эпоху для дальнейшей синхронизации и обновления значения длительности временного интервала. Новое значение длительности временного интервала рассчитывается по формуле (4):

$$D_{TS_new} = \frac{\Delta t}{N_{TS}}, \quad (4)$$

где Δt – время, которое прошло с начала текущей эпохи

Таким образом, механизм планирования протокола СТП-ИСС-14 позволяет систематически синхронизировать и обновлять внутренний таймер временного интервала мастера времени.

7. Сравнительный анализ методов планирования

В Таблице 1 приведен сравнительный анализ методов планирования, реализованных в сетевых протоколах.

Таблица 1 – Сравнительный анализ методов планирования

Название алгоритма/ метода	Протокол/ стандарт передачи данных	Достоинства	Недостатки
TCP Reno	TCP	Простая реализация	Пакеты могут быть потеряны не только по причинам перегруженности канала связи, например, если на пути следования используется менее надежный канал – это приводит не только к ухудшению производительности из-за повторных передач, но и к тому, что окно перегрузки уменьшается без необходимости – в результате снижается эффективная пропускная способность.



Продолжение таблицы 1

Название алгоритма/ метода	Протокол/ стандарт передачи данных	Достоинства	Недостатки
TDMA	TTCAN	Каждый узел имеет отведенный временной слот для передачи данных, что повышает надежность и избегание коллизий данных. Обеспечение гарантированного доступа каждого узла к шине.	Разделение на фиксированное количество слотов, ограничивает количество узлов, которые могут быть подключены к сети. Также если узлу требуется передать большой объем данных, из-за ограниченности слота могут возникнуть задержки передачи.
CDMA	DOCSIS	Обеспечение одновременной передачи данных нескольких пользователей, в одном частотном диапазоне. Кодовое разделение делает систему устойчивой к помехам и улучшает качество передачи данных. Высокая защищенность каналов благодаря наличию кодирования	Сложность управлением множеством кодов пользователей. При большом количестве активных пользователей возможно возникновение узких мест и снижение скорости передачи данных. Реализация CDMA требует специального оборудования.
Коммуникационный раунд	FlexRay	Метод оптимизирует использование доступного пропускного и временного ресурса, позволяет настраивать время и количество слотов времени.	При высокой нагрузке на сеть метод может столкнуться с проблемой задержки, потери данных и других конфликтов. Ограниченность в масштабировании при использовании в сетях с большим количеством абонентов.
CSMA/CA	HomePlug	Снижение количества коллизий и в следствие повышение производительности сети. Избегание столкновения пакетов данных в сети благодаря проверке наличия активности в канале перед передачей данных	Метод может приводить к добавочным задержкам в сети, если в ней будет большое количество абонентов. В некоторых случаях при высокой загруженности d сети может падать пропускная способность.
Таблица расписаний	СТП-ИСС-14	Понятный интерфейс и принцип работы. Систематическая синхронизация и обновление внутреннего таймера временного интервала мастера времени, а также длительности эпохи, учитывая приоритеты пакетов – это позволяет избежать потерю пакетов.	



Заключение

Основываясь на таблице сравнительной характеристике методов планирования в сетевых протоколах, можно сделать вывод, что метод Таблица расписаний имеет много преимуществ перед остальными рассмотренными методами. Механизм планирования в протоколе СТП-ИСС-14 не ограничивает размер длительности временного интервала для передачи данных у каждого узла, а также длительность временной эпохи, при этом сохраняя целостность доставки пакетов, что говорит об актуальности и целесообразности использования протокола СТП-ИСС-14.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moritz Geist, Benedikt Jaeger. Overview of TCP Congestion Control Algorithms // Seminar ИТМ WS 18/19, Network Architectures and Services, May 2019. P. 11-15. doi: 10.2313/NET-2019-06-1_03
2. Коробков И. Л. Метод планирования канальных ресурсов в бортовых сетях SpaceWire с технологией TDMA // Радиопромышленность. 2019. Т. 29, № 4. С. 44–53. doi: 10.21778/2413-9599-2019-29-4-44-5
3. Коробков И. Л. Механизмы планирования в сетях Spacewire / И. Л. Коробков, Д. Б. Разживин, Е. С. Подгорнова [и др.] // Научная сессия ГУАП: сборник докладов, Санкт Петербург, 11–15 апреля 2016 года / Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. Том Часть 1. – Санкт Петербург, 2016. – С. 96-103
4. Шейнин Ю. Е. Разработка, анализ и проектирование транспортного протокола СТПИСС для бортовых космических сетей SpaceWire / Ю. Е. Шейнин, В. Л. Оленев, И.Я. Лавровская, Д. В. Дымов, С. Г. Кочура // Исследования наукограда. – Москва, 2016. – №1-2. – С. 21–30.
5. Шейнин Ю. Технология SpaceWire для параллельных систем и бортовых распределённых комплексов / Ю. Шейнин, Т. Солохина, Я. Петричкович (Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ГУП НПЦ «ЭЛВИС») // ЭЛЕКТРОНИКА: НАУКА, ТЕХНОЛОГИЯ, БИЗНЕС. – 2007. – №1(75), ISSN 1992-4178. – С. 38-49.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мамонтова Анна Алексеевна –

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: mamontovanna@yandex.ru

Лега Наталья Юрьевна –

студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: lega.nata@bk.ru

Чумакова Надежда Юрьевна –

Младший научный сотрудник

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: nadezhda.chumakova@guap.ru



INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mamontova Anna Alekseevna –

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: mamontovannaa@yandex.ru

Lega Natalya Yurievna –

student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: lega.nata@bk.ru

Chumakova Nadezhda Yuryevna –

Junior researcher

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: nadezhda.chumakova@guap.ru