

УДК 621.398 PACS: 84.30.-r

ИСКЛЮЧЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ В ПЕРЕДАЧЕ СООБЩЕНИЙ ПРИ УСТРАНЕНИИ КОНФЛИКТОВ ДОСТУПА

Г. Г. Стецюра

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва

Получена 20 августа 2012 г.

Аннотация. Показан способ исключения задержек в передаче не конфликтующих сообщений при устранении конфликтов доступа источников сообщений к приемнику. Задержки возникают, если источнику необходимо ожидать сигнал разрешения доступа от приемника.

Ключевые слова: конфликт доступа, синхронизация обмена данными.

Abstract. The method of an exception of a delay in transfer of nonconflicting messages we describe in this article. The delays arise because a source must obtain a signal of the permission of access from the receiver.

Keywords: access conflict, hard real time, data exchange synchronization, retroreflector.

1. Вступление

В опубликованной в ЖРЭ №5 за 2012 г. статье [1] предложен быстрый способ устранения конфликтов доступа в измерительных и управляющих системах при использовании оптических беспроводных средств обмена данными. Этот способ опирается на результаты статей [2, 3] и обеспечивает следующие возможности.

– Конфликты доступа группы источников к приемнику устраняются с высокой скоростью. Так, для управляющего и измерительного центра со следующими параметрами: количество взаимодействующих устройств $n \sim 10^3$, устройства распределены на расстоянии ~ 10 м, скорость обмена данными $\sim 10^{12}$ гц, упорядочение конфликтующих обращений источников сообщений к

любому приемнику при количестве конфликтующих источников n составляет ~ 300 нсек. Конфликты к различным приемникам устраняются независимо друг от друга и одновременно.

– Источники соединяются с приемниками непосредственно, без каких-либо централизованных активных промежуточных устройств. Оптические беспроводные каналы создаются в динамике при появлении в них необходимости.

– Все необходимые для взаимодействия источников и приемника оптические сигналы создаются за счет энергии источников, что существенно снижает энергопотребление приемника.

При этом источники сообщений посылают запрос приемнику и должны ожидать от него разрешение на передачу сообщения.

Способ выполняется следующим образом.

В [1] приемник сообщений содержит устройство разрешения конфликтов доступа – УРКД, которое получает сигнал источника, запрашивающего разрешение на передачу приемнику сообщения. В ответ УРКД, если оно не занято разрешением конфликтов, посылает сигнал или управляющее слово, разрешающее источнику передавать сообщение.

Между моментом посылки источником сигнала запроса и получением сигнала разрешения передачи существует задержка $\tau = 2L/c$, где L – расстояние между источником и приемником, c – скорость света¹. Для взаимодействующих устройств, взаимно удаленных на расстояние порядка 10 метров $\tau \approx 100$ нсек.

Для конфликтующих сообщений эта задержка является необходимой частью процесса устранения конфликта доступа. При этом задержка выполняется не для каждого конфликтующего сообщения отдельно, а один раз для всей группы конфликтующих сообщений.

Для не конфликтующих сообщений задержка выполняется для каждого сообщения. Если обмен сигналами происходит в наносекундном диапазоне, то

¹ В конце раздела 6 статьи [1] вместо T_k следует читать L/c .

это незначительная задержка, но при переходе к пикосекундным сигналам за время задержки не конфликтующий источник мог бы передать сотни сообщений.

Исключить задержку не конфликтующих сообщений с используемыми в [1] техническими средствами нельзя, так как сигналы источника, посылаемые без разрешения на передачу, разрушают процесс устранения конфликта доступа.

При этом выяснить возможность передачи источник может только после создания канала связи, который, однако, создается в момент появления потребности послать приемнику данные.

В настоящей статье такая задержка исключена ценой введения дополнительных технических средств. Кроме этого помимо рассмотренных в [1] парных связей приводятся решения также для групповых и широковещательных обменов сообщениями.

Чтобы устранить необходимость обращения к статье [1], приведем сведения из [1], необходимые для дальнейшего изложения.

В [1] источники посылают в приемник сигналы трех частот f_1 , f_2 , f_3 . Импульсный сигнал f_1 позволяет определить интервал времени прохождения сигнала от источника до приемника. Импульсный сигнал f_2 используется для передачи сообщения. Постоянный сигнал f_3 используется для посылки в приемник запроса на разрешение передачи сообщения и получения информации от приемника.

УРКД приемника имеет ретрорефлектор, возвращающий любой полученный от источника сигнал источнику, и расположенный между ретрорефлектором и источником модулятор света частоты f_3 . УРКД, получив сигнал f_2 , прерывает на время действия этого сигнала сигнал f_3 , что позволяет источнику обнаружить ошибку в доставке приемнику его сообщения. УРКД при получении сигналов f_2 одновременно от нескольких источников, что означает наличие конфликта, воспринимает их как общий сигнал, и модулирует этим сигналом возвращаемый источникам сигнал f_3 . Каждый источник сравнивает этот сигнал с отправленным им в приемник сигналом и обнаруживает наличие конфликта.

2. Устранение задержки при передаче не конфликтующих сообщений

Чтобы устранить ожидание разрешения передачи не конфликтующих сообщений, введем дополнительное средство – асинхронный анализатор конфликта (ААК), используемый совместно со средствами, необходимыми для устранения конфликта доступа из [1]. ААК состоит из устройств, добавляемых в источник и УРКД приемника. В источник сообщений добавляются передатчики сигналов частот f_4 и f_5 и фотоприемники этих сигналов. Сигналы f_4 используются для передачи сообщений источника приемнику подобно сигналам f_2 . Сигналы f_5 источник и приемник используют подобно сигналам f_3 .

В УРКД приемника сообщений добавляется ретрорефлектор, фотоприемник сигналов f_4 , модулятор сигналов f_5 .

Не конфликтующие сообщения передаются следующим способом. Любой источник передает сообщения приемнику, не ожидая разрешения от УРКД приемника. Для этого источник посылает одновременно в ретрорефлектор сигналы сообщения f_4 и сигнал f_5 . Все сообщения получит приемник и примет не конфликтующие сообщения. Ретрорефлектор возвратит источникам посланные ими сигналы f_4 , что позволит источникам проверить наличие искажений в полученных приемником сообщениях. При этом в приемнике фотоприемник сигналов f_4 при получении сигналов одновременно от нескольких источников (наличие конфликта) воспринимает их как общий сигнал, и модулирует своим выходным сигналом сигнал f_5 , возвращаемый ретрорефлектором источникам. Сигналы f_4 и f_5 возвратятся от приемника к источнику, и через интервал времени T , источник обнаружит наличие конфликта по несовпадению последовательностей сигналов f_4 и f_5 . Для T соблюдается условие: $2L/c \leq T \leq 2L/c + T^*$, где T^* – длительность сообщения источника.

Если источник обнаруживает конфликт, то он переходит к его устранению по способу из [1]. При этом в соответствии с [1] в зависимости от момента указанного перехода источник получит от УРКД приемника разрешение или на передачу сообщения, или на разрешение конфликта. Последнее разрешение

появится, если к приемнику также поступили конфликтующие сообщения, переданные сигналами f_2 .

В первом случае источник начнет передачу своего сообщения, которое или сразу будет доставлено приемнику или возникнет конфликт, который будет разрешен. Во втором случае источник немедленно начнет участвовать в устранении конфликта.

Следует отметить, что при реализации способа можно использовать ретрорефлектор, применяемый в [1], добавив на выходе из него модулятор возвращаемых приемникам сигналов f_5 .

3. Выполнение широковещательных и групповых взаимодействий

Способ статьи [1] и изложенный выше способ были применены для организации парных связей. В этом разделе предложена организация широковещательных и групповых связей, ориентированная на применение указанных способов.

Предлагается следующая структура.

Источники заявок на групповые или широковещательные связи обращаются к центру, который разрешает конфликт доступа, если он возникает, и ретранслирует сообщения – запросы на связь всем устройствам системы. Каждый запрос содержит имя группы и имя источника запроса. Получив запрос, устройство устанавливает парную связь с источником запроса, например, следуя [2], и далее конфликт разрешается, как при парных связях.

Такую структуру можно реализовать по-разному. Наиболее близка к изложенным решениям следующая структура.

Все устройства следят за центром, посылая непрерывные сигналы частот f_3 и f_5 . Расположение центра источникам известно. Центр все получаемые сигналы частот f_2 и f_4 ретранслирует устройствам, модулируя их сигналы f_3 и f_5 соответственно. Из этих сигналов устройства выделяют адресованную им информацию и устанавливают требуемые парные связи.

Такая структура не требует новых технических решений, но она

энергетически затратная, так как все устройства непрерывно посылают сигналы f_3 и f_5 в центр. Более экономична следующая структура.

Центр дополнительно содержит источник ненаправленных сигналов (ИНС), который может генерировать импульсные оптические сигналы на двух частотах, отличных от частот $f_1 - f_5$, или соответствующие радиосигналы. Эти сигналы поступают ко всем устройствам и ими принимаются. Центр все получаемые сигналы частот f_2 и f_4 направляет в ИНС, который направляет их всем устройствам, используя для этого указанные сигналы с частотами, отличными от частот $f_1 - f_5$. Выполняются парные связи с центром.

Наконец, возможен наиболее сложный, но и наиболее гибкий способ, который позволяет любому устройству в динамике выполнять функции центра. Для этого в устройства должен быть установлен второй комплект средств, не отличающихся от средств, использованных выше для выполнения парных соединений. Для выполнения группового соединения устройства, запрашивающие групповое соединение должны обратиться к устройству, выполняющему функции центра, а все остальные устройства должны посылать этому устройству постоянные сигналы частот $f_1 - f_5$. Эти устройства обнаружат запрос и выполнят требуемое парное соединение.

Такая структура позволяет иметь несколько назначаемых в динамике центров, каждый из которых обслуживает отдельный набор устройств.

4. Заключение

Настоящая статья завершает группу статей [1 - 3]. Все четыре статьи в совокупности обеспечивают следующие результаты.

1. Источники сообщений соединяются с приемниками оптическими беспроводными каналами без централизованных средств коммутации. Средства коммутации находятся в каждом источнике [2].

Для выбора одного из n возможных направлений связи коммутатор источника содержит $\log_2 n$ последовательно соединенных переключателей канала (направления светового луча), каждый из которых выбирает одно из

двух возможных для него направлений луча. Количество таких переключателей минимально возможное. Сложность коммутатора не увеличивается при одновременной передаче группы двоичных разрядов.

Оптические беспроводные каналы создаются в динамике при появлении в них необходимости.

2. Все требуемые для взаимодействия источников и приемника оптические сигналы создаются за счет энергии источников или внешнего источника, посылающего световой луч источникам сигналов [2, 3].

3. Время обнаружения и устранения конфликтов доступа в высокоскоростных системах даже при большом количестве конфликтующих устройств, практически равно шестикратному времени прохождения оптического сигнала между наиболее взаимно удаленными источниками и приемниками сообщений [1].

4. Не конфликтующие сообщения не требуют получения разрешения от приемника на передачу сообщения, что обеспечивает отсутствие задержки в отправке таких сообщений при предельно высокоскоростных передачах.

5. Перечисленные в пунктах 1 – 4 результаты справедливы для всех основных видов связи – парных, групповых, широковещательных.

Пункты 4 и 5 отражают результаты настоящей статьи.

Литература

1. *Стецюра Г.Г.* Способ устранения конфликтов доступа // Журнал радиоэлектроники, N5, 2012. <http://jre.cplire.ru/jre/may12/7/text.pdf>
2. *Стецюра Г.Г.* Уменьшение сложности распределенного полного коммутатора для параллельных систем обработки данных // Автоматика и телемеханика. 2010. №5. С. 147 – 154.
3. *Стецюра Г.Г.* Синхронизация взаимодействия цифровых устройств с помощью центра ретрансляции сигналов// Автоматика и телемеханика. 2012 г. № 5. С. 111-124.