

МНОЖЕСТВЕННЫЙ ДОСТУП К ОБЩЕМУ КАНАЛУ ДАЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ

Проводится сравнительный анализ способов множественного доступа в дальнедействующих сетях с общим каналом. К последним относятся сети, в которых за время распространения сигнала по каналу можно последовательно передать много пакетов данных.

V.S. Podlazov (V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Profsoyuznaya 65, Moscow 117342, Russia, E-mail: podlazov@ipu.ru). Consider the comparison characteristics of multiple access techniques to common channel.

1. Введение

Задача множественного доступа (МД) к общему каналу состоит в том, что при наличии нескольких источников необходимо выделить одного, который может бесконфликтно осуществлять передачу в канал. Она интенсивно исследовалась на этапе становления локальных вычислительных сетей (ЛВС) [1]. Тогда выяснилось, что если канал является ненаправленным (шиной, радиоканалом) эффективность большинства способов МД в первую очередь определяется значением параметра дальнего действия $a = \tau / B = \tau v / b = lv / (bc)$, где τ (сек) – время распространения сигнала по каналу, B (сек) – время передачи пакета, b (бит) – средняя длина пакета, v (бит/сек) – скорость передачи по каналу, l (м) – длина канала и c (м/сек) – скорость сигнала в кабеле.

Емкость такого канала C (максимальный коэффициент его загрузки) определяется формулой $C=1/(1+ka)$, в которой k зависит от способа МД. Так в методе случайного доступа *CSMA-CD*, используемом в *Ethernet*, $k=2e+1$. Поэтому он эффективен только при $a < 0,1$. В *Ethernet* $a \approx 0,01$ ($\tau=10^{-5}$, $l=2000$ (коаксиал), $b=10^3$, $v=10^7$). В *FastEthernet* $v=10^8$ и для сохранения значения a выбирается $l=200$ (за счет использования витых пар и hub'ов), а в *GigaEthernet* $v=10^8$ с той же целью устанавливается $b=10^4$ (за счет увеличения минимальной длины пакета на порядок – до 512 байт). В способах МД с децентрализованным кодовым управлением [1] k в различных вариантах находится в диапазоне от $k=2(\log_2 N+1)$ (ДКУ) до $k=2,5$ (МДКУ), где N – число абонентов канала. В шине с передачей жезла и при централизованном опросе $k \approx 1$.

Другим важным параметром ЛВС является задержка передачи пакета $T_0=ut$ при малой загрузке канала. Здесь наблюдается обратная ранжировка способов: при *CSMA-CD* $u=B/2$, при ДКУ $u=k$, при централизованном опросе $u=N/2$ и при передаче жезла $T_0 \approx GN/2$, где G – длительность пакета-жезла.

Областью применимости указанных способов являются ЛВС с $a < 0,1$, которые в [1] названы близкодействующими. ЛВС с $a > 1$ названы дальнедействующими и в них обычно используются направленные каналы (обычно кольца) различной структуры и способов МД (передача жезла, сегментированное кольцо, кольцо со вставкой регистра) [1, 2, 3].

В настоящее время наблюдается новый интерес к задаче МД, но не в ЛВС, а в системных сетях (СС) многопроцессорных параллельных вычислительных систем. В СС задача МД возникает, например, при использовании полных пространственных коммутаторов [4, 5]. В них кабельный канал заменяется лучом лазера, направление передачи которого каждый источник задает независимо от других источников, и задачу МД приходится решать для каждого приемника отдельно. Необходимость организации МД возникает, если несколько источников пытаются одновременно передать свои пакеты одному приемнику.

Обычно полный коммутатор бесконфликтно реализует множество неперекрывающихся перестановок пакетов между абонентами сети. Однако изредка возможны перекрытие перестановок или другие непредусмотренные заранее передачи. В этих случаях и возникает необходимость организации МД.

Использование оптоэлектроники и сетевых протоколов делает СС дальнедействующими сетями. Так $a \approx 0,5$ при $l=10$ и $b=10^4$ достигается уже для $v=10^{11}$ (100 Гбит/сек), а $a \approx 5$ – при $v=10^{12}$ (1 Тбит/сек). Это означает, что в канале может находиться в процессе распространения $L=2\tau/B$ пакетов одновременно.

Давно уже известен [1] ряд способов МД к общему каналу в дальнедействующих ЛВС.

Во-первых, это способ случайного доступа синхронная *ALOHA* (реализованная как *спутниковая ALOHA*) [6]. В этом способе источники передают пакеты одинаковой длины по радиоканалу на центральный ретранслятор, который передает их обратно широкоэмиттерно для всех абонентов. Источники передают пакеты в кадрах с заранее рассчитанными задержками на величину не большую $B=b/v$ так, чтобы они поступали на ретранслятор одновременно – синхронно по кадрам. Конфликты, возникающие на входе в ретранслятор, приводят к искажению пакетов. Источники по искажению пакетов обнаруживают конфликт и повторяют передачу пакетов со случайным сдвигом во времени на задержку кратную $B=b/v$. Главный недостаток способа синхронная *ALOHA* – высокие накладные затраты на повторные передачи пакетов, которые приводят к тому что емкость канала (коэффициент полезной загрузки) оказывается весьма низкой – $C=1/(2e) \approx 0,368$.

В своем исходном виде синхронная *ALOHA* является неустойчивым способом. Известен способ "свободный синхронный доступ" (ССД) [1], который обеспечивает устойчивость за счет сортировки повторных передач по двоичным номерам источников. У него емкость канала немного больше – $C=3/8=0,375$.

При использовании этих способов МД высокая емкость канала может быть достигнута посредством его резервирования, а именно: способом *ALOHA* или ССД передаются короткие пакеты-заявки, по которым источники определяют время бесконфликтной передачи основных пакетов. Однако при этом утрачивается и главное достоинство способов *ALOHA* и ССД – малые задержки передачи при минимальной загрузке канала.

В данной работе рассматривается новый способ МД для дальнедействующих СС с общим каналом, который предложен в [5]. К сожалению в оригинальной работе фактически отсутствует анализ характеристик предложенного способа МД. Этот анализ в стиле [1] и проводится в данной работе.

2. Совмещенный синхронный шкальный доступ

Оригинальный способ [5] имеет особенности реализации, связанные с использованием лазерной технологии в пространственном коммутаторе. В нем функция обнаружения конфликтов передана ретранслятору, тогда как в классической постановке задачи МД она выполняется непосредственно источниками. Это отличие вызвано тем, что в оптическом

лазерном общем канале трудно осуществить традиционное ширококвещание – приходится использовать управляемые ретроотражатели (катафоты) для обратной передачи данных и сигналов управления к только к конфликтующим источникам. В этих условиях могут работать и способы *ALOHA* или ССД. Однако, в оригинальном способе используется процесс разрешения конфликта, запускаемый также ретранслятором, который отличен от передачи пакетов данных. Это вызывает необходимость подавления вторичных конфликтов, которые возникают в процессе разрешения первичного конфликта. Такая необходимость не возникает в способах *ALOHA* или ССД.

В данной работе оригинальный способ переформулирован с устранением указанных особенностей, которые затрудняют его сравнение с известными способами МД. Предлагаемый способ рассматривается в рамках классической постановки задачи МД и называется совмещенный синхронный шкальный доступ (ССШД). Он предполагает синхронную по кадрам передачу пакетов в канале с центральным ретранслятором, т.е. предполагается что пакеты поступают на ретранслятор синхронно бит в бит, а ретранслятор передает результат их наложения обратно всем абонентам ширококвещательно. В нем функция блокирования вторичных конфликтов, которые могут возникнуть во время разрешения более ранних конфликтов, реализована децентрализованно – она запускается наступлением длинной паузы и не использует сигналов управления. Несмотря на отмеченные различия все временные параметры функционирования обоих способов совпадают. Поэтому способ ССШД, одной стороны, точно характеризует оригинальный способ и, с другой стороны, допускает корректное сравнение с другими способами МД в действующих сетях с общим каналом, в частности, со способом ССД.

В оригинальном способе [5] и способе ССШД используется два подканала: один (K_1) – для быстрой передачи пакетов с возможным их конфликтом, другой (K_2) – для разрешения конфликтов и бесконфликтной передачи пакетов после разрешения конфликта. В обоих подканалах передача осуществляется с одинаковой скоростью v (бит/сек).

Способ ССШД.

Подканал K_1 .

Источник передает пакет в очередной кадр, ждет время 2τ и принимает свой пакет от ретранслятора. Если пакет искажен (конфликт), то источник переходит к передаче пакета по каналу K_2 . В противном случае он готов передавать очередной пакет.

Подканал K_2 .

Источник ждет наступление события, заключающегося в том, что в течение времени 2τ отсутствуют передачи в канале.

После чего источник с номером I передает шкалу из N бит, в которой I -ый бит содержит 1, а остальные содержат 0.

Источник ждет время 2τ , принимает шкалу от ретранслятора и подсчитывает в ней число бит m со значением 1 до I -го бита.

Источник ждет время mB , передает свой пакет и возвращается к передаче по подканалу K_1 .

3. Характеристики способа ССШД

Обозначим как T_0 среднюю задержку начала передачи пакета в бесконфликтной ситуации в подканале K_1 . Величина T_0 задается средним временем ожидания, необходимым для покadroвой синхронизации пакетов, и равен половине длительности пакета, т.е. $T_0=B/2$.

Способ использования подканала K_1 зависит от числа очередей разрешения конфликтов, которые источник может вести в подканале K_2 . Если такая очередь одна, то источник

может использовать подканал K_1 только с пропускной способностью $v_0 = b/(2\tau + B) = v/(2L + 1)$. Однако, при этом несколько источников могут независимо использовать подканал K_1 с суммарной пропускной способностью v .

Одиночный источник имеет наилучшие возможности по использованию пропускной способности подканала K_1 , если он может вести L очередей в подканале K_2 . В этом случае он может передавать очередной пакет уже в следующий кадр не ожидая реакции на бесконфликтность передачи предыдущего пакета. Такой режим передачи можно назвать потоковым. В нем источник может передать не более L пакетов подряд. Любой из пакетов, переданных в потоковом режиме, может попасть в конфликт. Все конфликты разрешаются в подканале K_2 без перекрытия во времени и в порядке их возникновения. При этом может возникать нарушение порядка бесконфликтной передачи пакетов по подканалам K_1 и K_2 .

Обозначим как T_M среднюю задержку рассасывания в подканале K_2 очереди из M пакетов, попавших в конфликт в подканале K_1 . Нетрудно видеть, что $T_M = T_0 + 4\tau + N/v + (M - 1)B$. Коэффициент загрузки подканала K_2 составляет при этом величину $MB/(T_M + B)$.

Обозначим как C_2 емкость подканала K_2 . Она определяется как коэффициент его загрузки в наихудшем случае максимальной кратности конфликта $M = N$. Поэтому

$$C_2 = \frac{NB}{T_N + B} = \frac{N}{0,5 + N/b + 2L + N}.$$

Обозначим как C емкость общего канала, составленного из подканалов K_1 и K_2 . В наихудшем случае канал K_1 просто не используется, поэтому $C = C_2/2$. При $N = 1000$, $b = 10^5$ и $L = 5$ имеем $C \approx 0,49$, а при $N = 100$ – $C \approx 0,45$.

Можно ли построить способ МД в дальнедействующей сети с $C > 0,5$ и $T_0 \ll 2\tau$ – это принципиальный вопрос. У автора нет уверенности в существовании положительного ответа на этот вопрос.

4. Заключение

Проанализирован способ бесконфликтного МД к общему каналу дальнедействующих ЛВС и СС. Он сочетает минимальные задержки кадров при минимальной загрузке канала (режим реализации неперекрывающихся перестановок в пространственном коммутаторе) и емкость канала в $\sim 1,3$ раза большую, чем у способа ССД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прангшвили И.В., Подлазов В.С., Стецюра Г.Г.* Локальные микропроцессорные вычислительные сети. // М. Наука. 1984. 174 С.
2. *Подлазов В.С., Подлазова А.В.* Обеспечение наращиваемости многопроцессорных систем с общей памятью с использованием многокольцевых некоммутируемых сетей связи (однородные узлы) // Труды Института проблем управления РАН. 2002 т. XVI. С. 103 – 116.
3. *Подлазов В.С.* Наращиваемые многокольцевые некоммутируемые сети связи для многопроцессорных вычислительных систем // Проблемы управления. 2006. № 2. С. 50 – 57.
4. *Стецюра Г.Г.* Уменьшение сложности распределенного полного коммутатора для параллельных систем обработки данных // АиТ. 2010. №5. С. 147 – 154.
5. *Стецюра Г.Г.* Способ устранения конфликтов доступа, использующий оптически средства обмена данными // VI Международная конференция «Параллельные вычисления и задачи управления» (РАСО'2012). М. ИПУ РАН. Октябрь 2012. В данном томе.

6. *Kleinrock L. and Molle M. Analysis of Concentrated ALOHA Satellite Links // Proceedings of the Sixth Data Communications Symposium, Pacific Grove, California, November 1979, URL: <http://www.lk.cs.ucla.edu/bibliography-articles.html>.*