

УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ETHERCAT

Кузнецов В. В., Марко А. Ф.

Кафедра высшей математики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: mmts@bsuir.by

Рассмотрены подходы к управлению мехатронными многокоординатными системами в режиме реального времени, основанные на технологии EtherCAT. Управление с помощью протокола EtherCAT позволяет осуществить необходимое быстродействие передачи данных обеспечивая при этом быстрое и качественное формирование заданных пространственных траекторий многокоординатной системы перемещений.

Объединение узлов точной механики с электронными, электрическими и компьютерными компонентами позволило осуществлять проектирование и производство качественно новых координатных модулей и мехатронных систем с интеллектуальным управлением, работающих в режиме реального времени [1–2]. Традиционные системы перемещений используют ПЛК-технологии для выполнения задачи управления и включают в свой состав некоторые аппаратные и программные элементы: ПК для визуализации, ПЛК с различными сопроцессорами, ввод/вывод через полевую шину, управление движением через параллельный интерфейс LPT, операционную систему и различные языки программирования.

В настоящей работе анализируется возможность использования технологии EtherCAT для управления мехатронными многокоординатными системами перемещений в режиме реального времени.

Существует множество примеров, когда осуществлялись попытки организовать управление в реальном времени через Ethernet [3]. Например, процедура доступа CSMA/CD (множественный доступ с контролем данных и обнаружением конфликтов) запрещает доступ через уровень протокола и разрешает управление через разделение времени или “pooling”. Другие подходы используют специальные ключи, которые пересылают сообщения по сети в точно определенное контроллером время. Эти решения обеспечивают передачу данных для узла Ethernet более-менее быстро и надежно, однако скорость передачи данных ограничена. Более того, время начала обмена строго фиксировано для устройств переадресации и зависит от состава и количества устройств в сети, что не позволяет эффективно управлять сложными устройствами (например, контроллерами управления движением различных механизмов).

Также в некоторых случаях рекомендуется использовать дополнительный канал управле-

ния, в частности для устройств управления вводом/выводом, для реализации быстрого и качественного алгоритма управления данными. При данном подходе передача данных для источника осуществляется быстро и синхронизировано, но с определенными задержками, что не всегда применимо для сложных устройств мехатроники.

С помощью рассматриваемой в статье технологии EtherCAT можно преодолеть перечисленные выше ограничения. Обработка данных практически не превышает время получения и обработки полученного Ethernet сообщения. Каждый управляемый контроллер читает данные, предназначенные для выбранного устройства, в момент прохождения сообщения через него. Пока сообщение проходит через контроллер (задержка всего лишь на несколько бит), контроллер распознает данные, предназначенные для выбранного устройства, и выполняет необходимые действия.

Ответные данные в соответствии с командами для устройства, также вставляются контроллером в Ethernet-сообщение «на лету», то есть в момент прохождения обратного сообщения по каналу Ethernet. Данный алгоритм обработки выполняется на аппаратном уровне и не зависит от реализации протокола обмена. Последнее устройство в сети EtherCAT возвращает полностью обработанное ответное сообщение для управляющего устройства, в соответствии с протоколом обмена по сети Ethernet.

С точки зрения Ethernet, EtherCAT-устройство представляет собой большое Ethernet устройство, которое принимает и посылает Ethernet-сообщения и представляет собой множество управляемых EtherCAT-устройств, подключенных к одному Ethernet контроллеру или переключателю Ethernet. В случае, когда управляемые EtherCAT-устройства подключаются непосредственно к контроллеру Ethernet, получается отдельная EtherCAT-система. Аппаратное обеспечение для управления EtherCAT-системами обеспечивается при помощи стандарт-

ных контроллеров управления доступом в среде передачи данных или сетевых интерфейсных плат. Устройство прямого доступа к памяти используется только для передачи данных в компьютер. Это означает, что доступ и обработка данных в EtherCAT-сетях не влияет на производительность компьютера.

Протокол EtherCAT оптимизирован для передачи управляющих данных посредством стандартной Ethernet телеграммы или вставляется непосредственно в UDP/IP пакет данных (рис. 1).

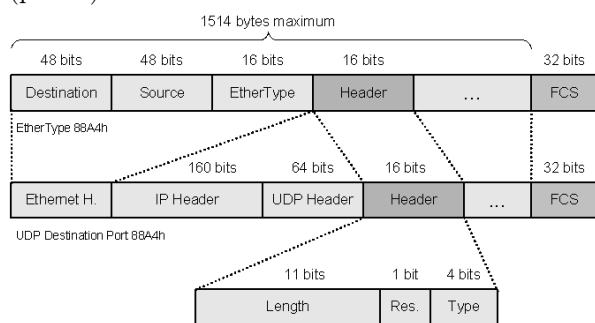


Рис. 1 – Структура пакета данных EtherCAT

Порядок передачи данных не зависит от расположения управляемых EtherCAT-устройств в системе, и они могут быть адресованы в любом порядке. Возможны любые варианты передачи управляющих данных: всем устройствам; одному или нескольким устройствам; между двумя устройствами EtherCAT.

Управляемое устройство сети EtherCAT представляет собой интеллектуальный контроллер, который обеспечивает прием и обработку данных, поступающих с управляющего устройства. По протоколу предусмотрена также и передача параметров устройства, которые обычно пересылаются в режимах, не требующих четкой фиксации времени обмена. Передача данных осуществляется при помощи почтовых ящиков (Mailbox).

Структура и значения параметров определяются посредством CANopen стандарта в части описания профиля устройства, которое поддерживается множеством производителей контроллеров во всем мире. Протокол так же поддерживает стандарт IEC 61800-7-204, который функции устройств управления серводвигателями, и используется для многих устройств управления перемещением под именем SERCOS.

В дополнение к обмену данными в сети по принципу «управляющий – управляемый», EtherCAT протокол так же очень удобен для организации обмена данных по принципу «управляющий – управляющий». Свободно адресуемые сетевые переменные для выполняемых данных и различные сервисы для параметрических данных, диагностики, программирования и удаленного управления создают необходимые условия для несложной организации обмена между управляющими контроллерами. При этом интер-

фейс передаваемых данных остается без изменения.

Технология EtherCAT открывает новые возможности для увеличения производительности обмена данными по сети. Время обработки данных для 1000 устройств ввода/вывода составляет только 30 мкс. До 1486 байтов управляющих данных могут быть обработаны в EtherCAT сети в составе одной Ethernet-телеграммы, что соответствует почти 12000 единичных сигналов ввода/вывода. При этом время обмена составляет всего 300 мкс.

Обмен управляющими данными между 100 сервомоторами занимает 100 мкс. В течение этого времени, координатные сервомоторы и гибридные шаговые двигатели мехатронных систем перемещений получают параметрические и управляющие данные и формируют ответное сообщение с данными о состоянии и реальном положении координатных модулей. Поддержка техники распределения времени позволяет синхронизировать управление приводами с точностью меньше 1 мкс, что необходимо для организации качественного управления координатными модулями по заданной траектории движения [1].

Чрезвычайно высокая скорость обмена данными позволяет использовать концепцию управления, которую нельзя реализовать на обычных сетевых протоколах. Быстрый цикл обработки управляющих данных, таким образом, может быть выполнен на уровне системы EtherCAT.

Функции обработки данных, которые рекомендовалось выполнять на уровне аппаратного обеспечения, могут быть перенесены на уровень программного обеспечения, что делает построение системы более гибким и прозрачным. Огромная пропускная способность EtherCAT системы позволяет получать все необходимые данные о состоянии каждого узла мехатронной системы за время, которое позволяет организовывать управление в режиме реального времени соответствующих многокоординатных приводов прямого действия. Технология EtherCAT обмена управляющими данными сопоставима по производительности обработки данных, с современными промышленными персональными компьютерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпович, С.Е. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования : моногр. / С.Е. Карпович [и др.] ; под. ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2013. – 208с.
2. EtherCAT Technology Group: EtherCAT – шина Ethernet. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.ethercat.org/en/technology.html>. – Дата доступа: 20.12.2016.
3. Szigeti T. End-to-End QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks, 2nd Edition // Szigeti T., Hattingh C., Barton R., Briley K. – Cisco Press, 2013. – 1090с.