

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ETHERCAT

Ключевые слова: система управления, технология EtherCAT, прецизионная система перемещений, мехатроника.

Рассматриваются вопросы управления мехатронными системами с распределенной структурой механической части в режиме реального времени на основе контроллера LSMC-х. Описаны возможности системы управления при включении контроллера как узла EtherCAT, рассмотрены особенности протокола обмена данными с другими устройствами, сформулированы задачи управления прецизионными системами перемещений, которые могут быть решены на основе технологии EtherCAT.

Для управления мехатронными системами с распределенной структурой построения механической части [1] необходимо применять, соответственно, распределенную структуру построения системы управления с использованием стандартного интерфейса Ethernet и технологии EtherCAT [2]. В данной структуре для блока LSMC-х [3], созданного и серийно выпускаемого на предприятии «Рухсервомотор» (г. Минск, Республика Беларусь), и разработана дополнительная интерфейсная плата, позволяющая управлять системой LSMC-х как EtherCAT-Slave. Технические характеристики платы интерфейса EtherCAT следующие:

- полностью аппаратная реализация;
- два коммуникационных порта EtherCAT;
- аппаратно-программная поддержка протокола TCP/IP;
- конфигурируемый адрес EtherCAT устройства в сети;
- скорость обмена до 100 Мбод;
- временная точность синхронизации (jitter) 20 нс;
- 8 КБ быстродействующей буферной памяти;
- 8 устройств FMMU управления памятью сетевого протокола;

- два аппаратных менеджера синхронизации SyncManager;
- гальваническая развязка входов-выходов;
- аппаратный контроль обрыва линии;
- соединение с магистралью Eurobus промышленной 64-выводной вилкой DIN41612C.

Разработанная интерфейсная плата является узлом EtherCAT, обрабатывающим Ethernet-сообщения «на лету». При этом время обработки данных практически не превышает время получения и обработки полученного Ethernet-сообщения. Каждый управляемый контроллер с помощью разработанной платы читает данные, предназначенные для выбранного устройства, в момент прохождения сообщения через него. Пока сообщение проходит через узел EtherCAT, связанный с контроллером устройства, предназначенные для него данные распознаются и устройство 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 выполняется на аппаратном уровне и не зависит от реализации протокола обмена. Последнее устройство в EtherCAT-сети возвращает полностью обработанное ответное сообщение для управляющего устройства в соответствии с протоколом обмена по сети Ethernet.

С точки зрения Ethernet, узел EtherCAT представляет собой Ethernet-устройство, которое принимает и посылает Ethernet-сообщения. Множество управляемых EtherCAT-узлов, подключенных к одному Ethernet-контроллеру или коммутатору Ethernet, образует отдельную EtherCAT-систему (рис. 1).

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

EtherCAT-протокол оптимизирован для передачи управляющих данных посредством стандартной Ethernet-телеграммы или вставляется непосредственно в UDP/IP пакет данных (рис. 2).

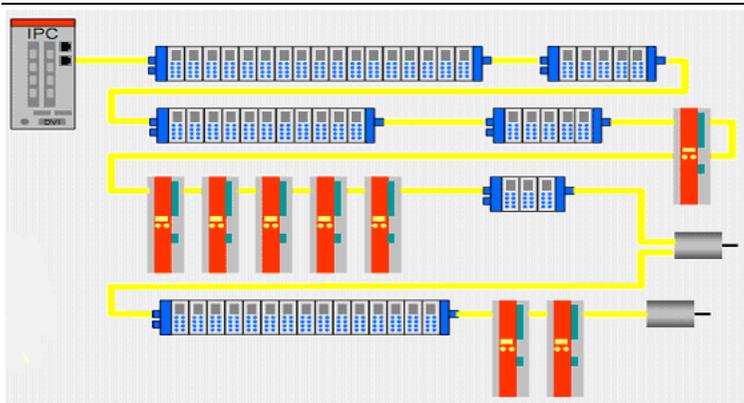


Рис. 1. Схема подключения устройств ввода/вывода и контроллеров привода через локальную сеть Ethernet по технологии EtherCAT

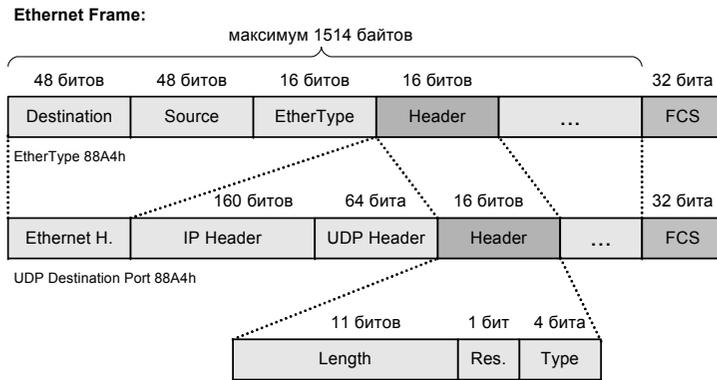


Рис. 2. Структура пакета данных UDP/IP

Версия UDP-протокола используется в ситуациях, когда EtherCAT-система находится в другой сети и адресуется при помощи маршрутизатора. Ethernet-телеграмма может содержать несколько EtherCAT-сообщений, в этом случае каждое EtherCAT-сообщение обслуживает часть логической памяти системы с адресуемой областью до 4 Гб.

Порядок передачи данных не зависит от расположения управляемых EtherCAT-устройств или узлов в сети; они могут

быть адресованы в любом порядке. Возможны любые варианты передачи управляющих данных: всем устройствам; одному или нескольким; между двумя устройствами EtherCAT.

Управляемое устройство в сети EtherCAT представляет собой интеллектуальный контроллер, который обеспечивает прием и обработку данных, поступающих от управляющего компьютера. EtherCAT-устройства подразделяются на простые и сложные. К простым устройствам относятся устройства, которые просто управляют ограниченным набором сигналов и передают их состояние в EtherCAT-систему; к таким устройствам можно отнести простейший ввод/вывод. К сложным устройствам причисляются все устройства, которые поддерживают протоколы обмена данными по локальной сети и различные дополнительные сервисы. По протоколу предусмотрена также и передача параметров устройства, которые обычно пересылаются в режимах, не требующих четкой фиксации времени обмена. Передача данных при этом осуществляется при помощи так называемых почтовых посылок (рис. 3).

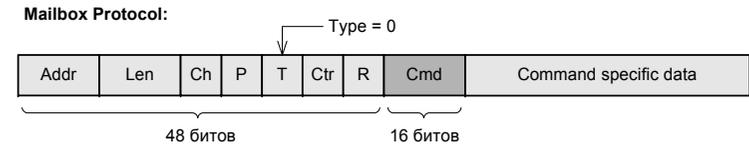


Рис. 3. Структура почтовой посылки Mailbox

Структура и значения параметров определяются посредством стандарта CANopen в части описания профиля устройства, которое поддерживается множеством производителей контроллеров во всем мире (рис. 4).

Протокол также поддерживает стандарт IEC 61800-7-204, который описывает функции устройств управления серводвигателями, и используется для многих устройств управления переключением под именем SERCOS (рис. 5).

В дополнение к обмену данными в сети по традиционному принципу «управляющий – управляемый» EtherCAT-протокол также очень удобен для организации работы 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 данными между управляющими контроллерами. При этом интерфейс передаваемых данных остается без изменения.

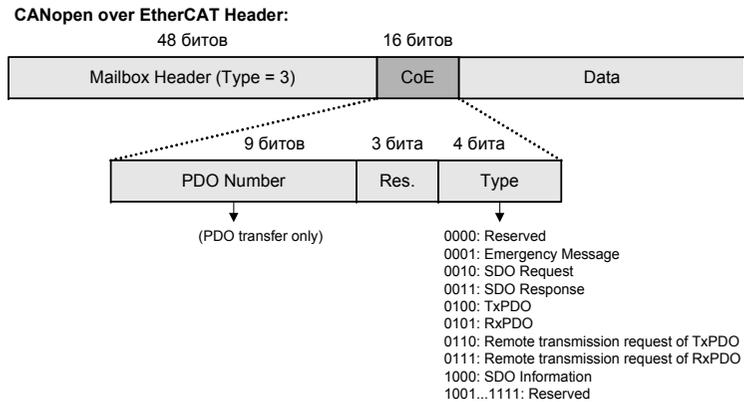


Рис. 4. Структура параметров стандарта CANopen

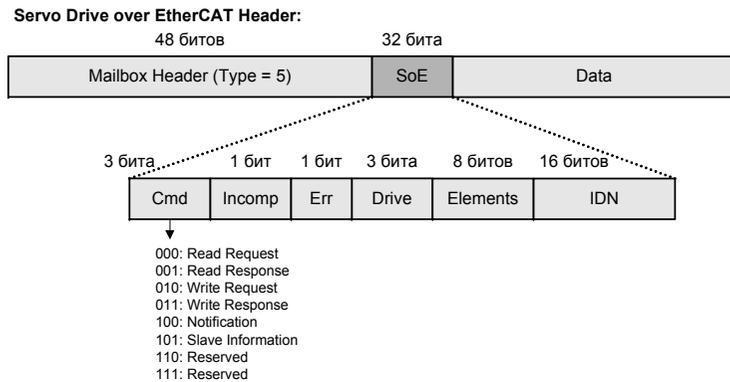


Рис. 5. Структура протокола управления приводами IEC 61800-7-204

Технология EtherCAT открывает новые возможности для увеличения производительности обмена данными по сети. Время обработки данных для 1000 устройств ввода/вывода состав-

ляет всего лишь 30 мкс. До 1486 байтов управляющих данных могут быть обработаны в EtherCAT-сети в составе одной Ethernet-телеграммы, что соответствует почти 12 000 единичных сигналов ввода/вывода. При этом время обмена составляет всего 300 мкс. Временная диаграмма канала передачи Ethernet приведена на рис. 6.

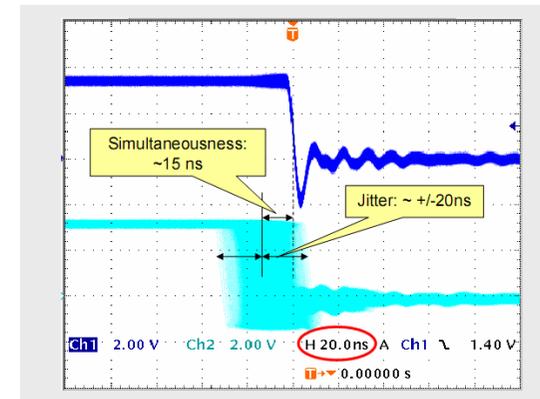


Рис. 6. Временная диаграмма канала передачи Ethernet

Обмен управляющими данными между 100 серводвигателями занимает 100 мкс. В течение этого времени серводвигатели получают параметрические и управляющие данные и формируют ответное сообщение с информацией о своем состоянии и реальном положении. Поддержка техники распределения времени позволяет синхронизировать управление двигателями с точностью меньше 1 мкс, что необходимо для организации качественной отработки заданной траектории движения.

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 обычно выполняются на уровне аппаратного обеспечения, в технологии EtherCAT могут быть перенесены на уровень программного обеспечения, что делает построение системы более гибким и прозрачным. Огром-

ная пропускная способность EtherCAT-системы позволяет получать все необходимые данные о состоянии каждого ее узла за время, которое позволяет говорить об организации управления в режиме реального времени. Технология EtherCAT при обмене управляющими данными сопоставима по производительности обработки данных с современными промышленными персональными компьютерами.

Мощность канала обмена данными Fast Ethernet в сочетании с системой обмена данными, построенными на базе технологии EtherCAT, открывает новые возможности: интерфейсы обработки данных, которые условно находятся на персональном компьютере, переносятся на интеллектуальные интерфейсные узлы системы, построенной на базе EtherCAT-технологии.

Таким образом, использование протокола EtherCAT позволяет обеспечить необходимое быстродействие канала передачи данных, в том числе и в сверхпрецизионных станках, характеризующихся высокой разрядностью данных и большим количеством сегментов траектории. Тем самым достигается оптимальное разделение функций между компьютером и системой управления LSMC-х, позволяющее полностью использовать ресурс последней для решения в реальном времени задач генерации траектории, сплайн-интерполяции, обработки сигналов датчика, расчета положения и скорости объекта управления с учетом траекторной сплайновой задачи и граничных условий, накладываемых кинематикой (коллизии и другие ограничения) [5].

Список литературы

1. Моделирование механизмов параллельной кинематики в среде MATLAB/Simulink / С. Е. Карпович и др. – Минск : Бестпринт, 2013. – 153 с.
2. Krah J. O. IPC based closed loop control of decentralized servo drives with eXtreme Fast Control (EtherCAT) / J. O. Krah, C. Klarenbach. – SPS/IPC/Drives. – Nuremberg, Germany. – Nov 2007. – P. 473-481.
3. Жарский В. В. Системы прямого привода «Рухсервомотор» // Оборудование: рынок, предложение, цены : промышленный журнал. – 2006. – № 02 (110). – С. 90-97.
4. Дайняк И. В. Управление прецизионными системами перемещений в реальном времени / И. В. Дайняк, С. Е. Карпович, В. В. Жарский // Техника и технологии: инновации и качество : материалы II международного науч.-практ. конф. (Барановичи, Респ. Беларусь, 24-25 окт. 2013 г.). – Барановичи : РИО БарГУ, 2013. – С. 141-145.

-
5. Поляковский В. В. Алгоритмы анализа и предотвращения коллизий при движении трех планарных позиционеров на одном статоре / В. В. Поляковский, В. В. Жарский, Г. Н. Алехнович // Теоретическая и прикладная механика. – 2008. – Вып. 23. – С. 227-231.

© И. В. Дайняк, 2014