

УПРАВЛЕНИЕ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

доц. ¹Дайняк И.В., доц. ¹Дик С.К., студ. ¹Кузнецов В.В., асп. ¹Поляковский В.В.

¹УО «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники», Минск

Введение. Объединение узлов точной механики с электронными, электрическими и компьютерными компонентами позволило осуществлять проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением [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.

Принципы управления. Существует множество примеров, когда осуществлялись попытки организовать управление в реальном времени через Ethernet [5, 6]. 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, в частности для устройств автоматизации, так как даже для малого объема данных необходимо осуществлять передачу всего Ethernet сообщения. 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 иногда рекомендуется использовать дополнительный канал управления, 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 допустимо для сложных устройств.

С помощью 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 просто 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 (рис. 1).

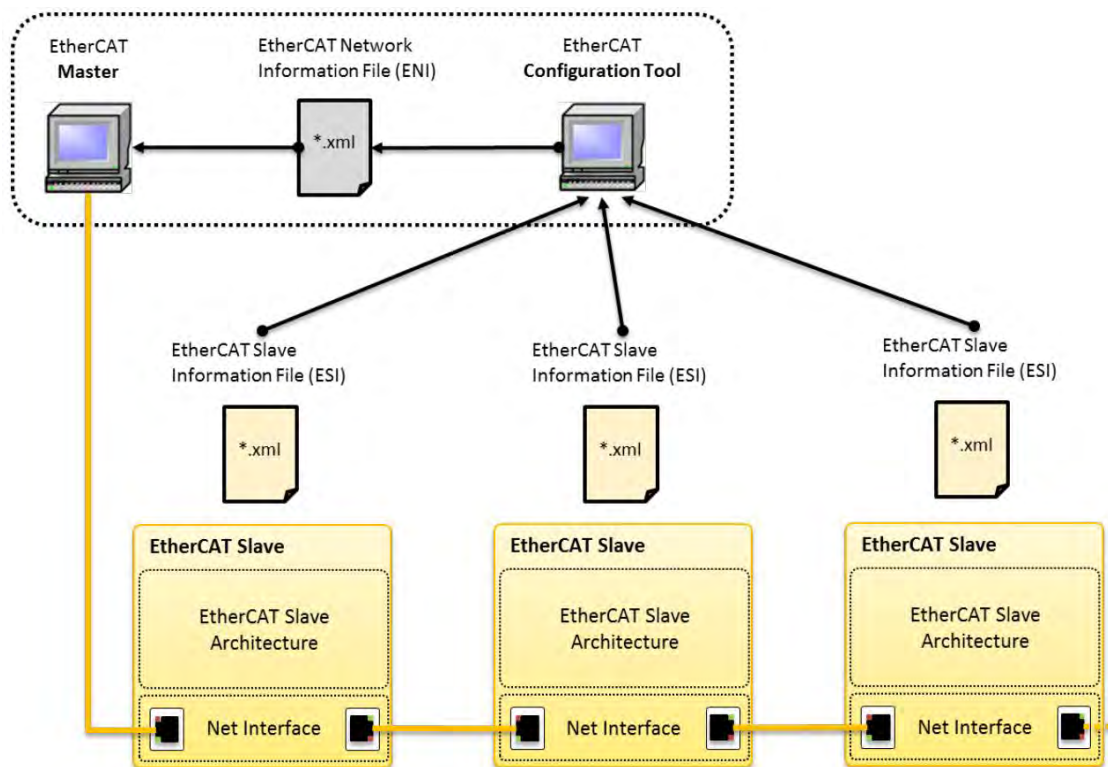


Рис. 1. Архитектура сети EtherCAT

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 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. 2).

Ethernet Frame:

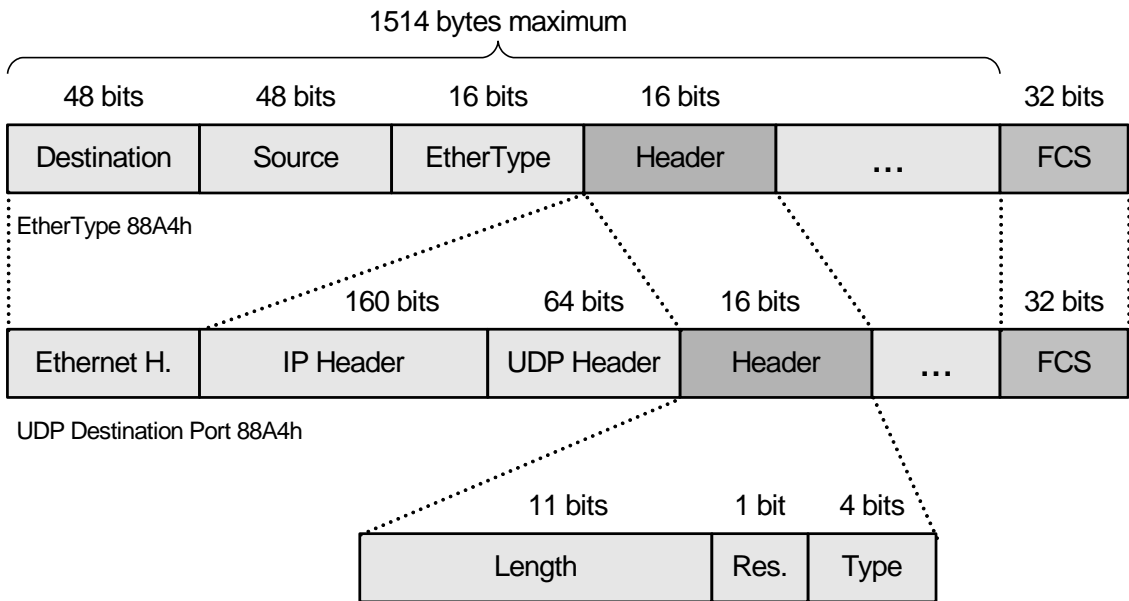


Рис. 2. Структура пакета EtherCAT

Версия UDP-протокола используется в ситуациях, когда сегмент EtherCAT 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 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.

Реализация системы управления. Управляемое устройство сети EtherCAT представляет собой интеллектуальный контроллер, который обеспечивает прием и обработку данных поступающих с управляющего устройства (рис. 3). 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 осуществляется при помощи почтовых ящиков (Mailbox).

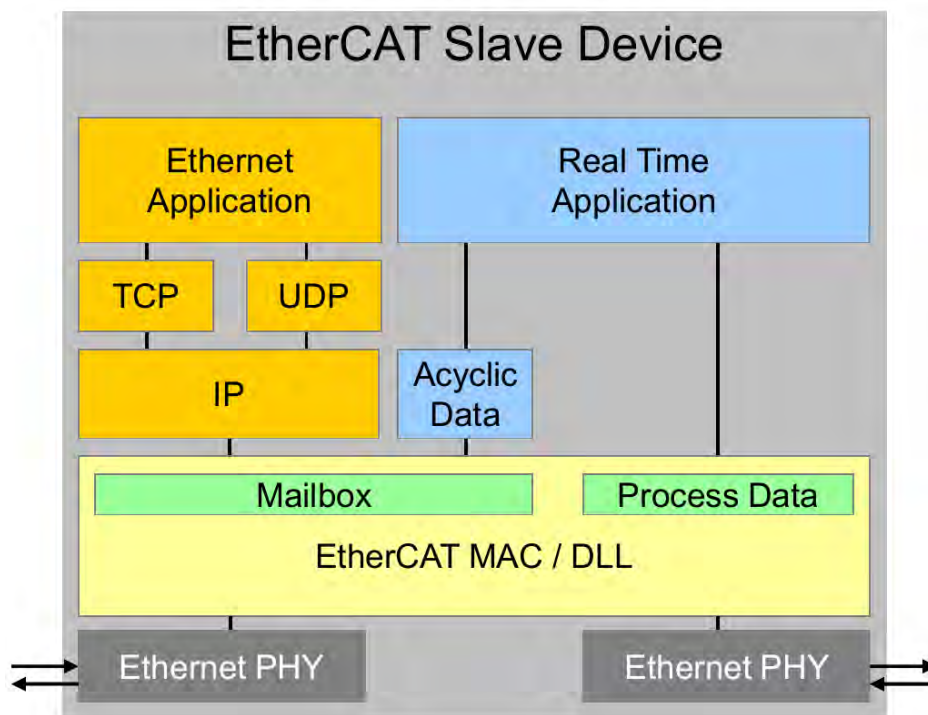


Рис. 3. Структура управляемого устройства EtherCAT

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 (рис. 4), который функции устройств управления серводвигателями, и используется для многих устройств управления перемещением под именем SERCOS.

Servo Drive over EtherCAT Header:

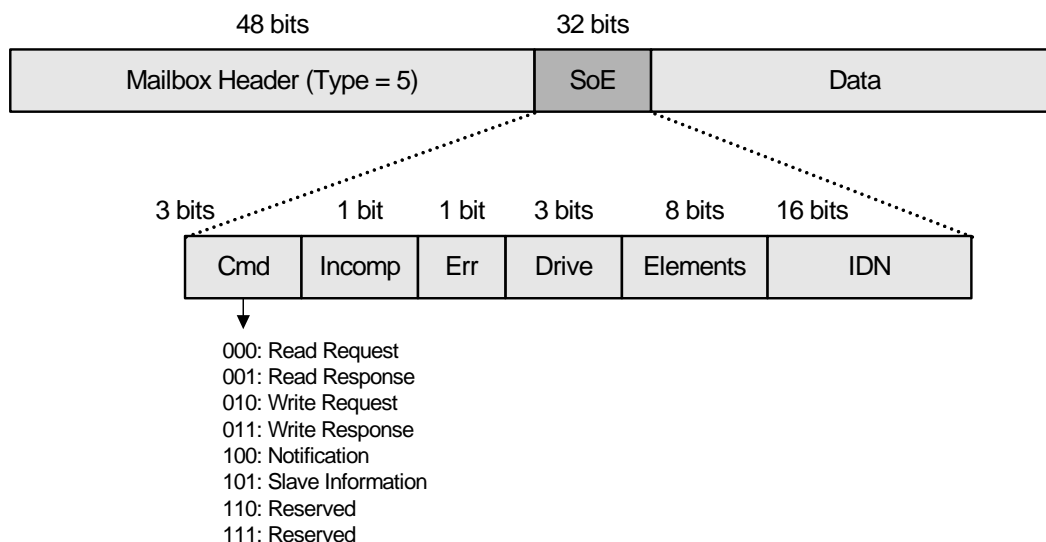


Рис. 4. Структура пакета Servo Drive over EtherCAT

В дополнение к обмену данными в сети по принципу «управляющий – управляемый», EtherCAT протокол так же очень удобен для организации обмена данными по принципу «управляющий – управляющий». Свободно адресуемые сетевые переменные для выполняемых данных и различные сервисы для параметрических данных, диагно-

стики, программирования и удаленного управления создают необходимые условия для несложной организации обмена между управляющими контроллерами. При этом интерфейс 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, сервомоторы получают параметрические и управляющие данные и формируют ответное сообщение с данными о состоянии и реальном положении моторов. Поддержка техники распределения времени позволяет синхронизировать управление моторами с точностью меньше 1 мкс, что необходимо для организации качественного управления по заданной траектории движения [4].

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 системы за время, которое позволяет организовывать управление в режиме реального времени. Технология EtherCAT обмена управляющими данными сопоставима, по производительности обработки данных, с современными промышленными персональными компьютерами.

Быстродействие обработки данных весьма заметно при работе с устройствами, которые не имеют хороших вычислительных мощностей. Цикл обработки данных в системе EtherCAT настолько быстр, что он позволяет производить обработку данных между двумя циклами управляемых устройств, тем самым сравним по быстродействию с работой аппаратной части разрабатываемой системы. В результате, предоставляется возможность получать данные от управляемых устройств в режиме реального времени, а управляющие данные передавать с минимальными задержками. Причем все это происходит без изменения производительности управляемого контроллера.

В настоящее время рекомендуется использовать канал обмена данными с мощностью 100 мегабит в секунду, однако, технология EtherCAT настолько гибкая, что можно использовать и более мощные каналы обмена данными без принципиальных изменений протокола. Например, использовать Ethernet с мощностью гигабит в секунду.

С увеличением миниатюризации компонентов персонального компьютера, физический размер управляющего промышленного компьютера зависит от количества плат, вставляемых в компьютер для организации системы управления. 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. Децентрализованные устройства ввода/вывода, всевозможные устройства управления двигателями, комплексные системы управления, быстрые последовательные устройства обмена и другие интерфейсные устройства могут адресоваться при помощи одного Ethernet канала обмена данными в промышленном персональном компьютере. Даже несколько Ethernet устройств могут быть подключены через децентрализованные пере-

ключатели каналов, без изменения протокола обмена данными. Следовательно, управляющий компьютер становится меньше и управляет внешними устройствами при помощи одного канала связи Ethernet.

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, позволяющее полностью использовать ресурс последней для решения в реальном времени задач генерации траектории [3], сплайн-интерполяции, обработки сигналов датчика, расчета положения и регулирования привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпович, С.Е. Системы перемещений на основе привода прямого действия / С.Е. Карпович, В.В. Жарский, И.В. Дайняк. – Минск : БГУИР, 2008. – 239 с.
2. Аппаратно-программное моделирование системы управления многокоординатной системы перемещений / Е.А. Литвинов, В.В. Жарский, И.В. Дайняк, М.А. Ареби // Доклады БГУИР. – 2007. – №6. – С. 50–55.
3. Поляковский, В.В. Алгоритмизация бесколлизийных перемещений планарных позиционеров универсального сборочного модуля / В.В. Поляковский, Д.Г. Бегун, И.В. Дайняк // Доклады БГУИР. – 2015. – № 6(92). – С. 17–22.
4. Дайняк, И.В. Распределенная система управления реального времени на основе технологии EtherCAT / И.В. Дайняк // Информационные системы и технологии: управление и безопасность : сб. ст. III Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Тольятти, Россия, 2014 г. – С. 83–90.
5. El-Khoury, J. Towards a toolset for architectural design of distributed real-time control systems / J. El-Khoury, M. Torngren // 22nd IEEE Real-Time Systems Symposium, London, England, 2001.
6. Real-Time Workshop. Real-Time Workshop User's Guide. – The MathWorks, Inc., Natick, MA, 2004.