

## УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОКООРДИНАТНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Бегун Д. Г. - аспирант

Дайняк И. В. – канд. техн. наук, доцент

Для управления удаленной системой прецизионных координатных перемещений в составе оборудования микроэлектроники необходимо организовать канал передачи данных, который обеспечит надежный обмен сообщениями между двумя сторонами с заданной скоростью. Если стороны расположены на значительном удалении друг от друга, тогда наиболее предпочтительным способом будет использование сети Интернет и стека протоколов TCP/IP.

В случае управления многокоординатной системой такое управление так же имеет важное прикладное значение, востребованным являются удаленное конфигурирование и наладка оборудования, диагностика и мониторинг, непосредственное управление движением. Например, при возникновении проблем с наладкой оборудования либо управлением системой перемещений у пользователя, ему необходимо обращаться к производителю за поддержкой. Так как производитель зачастую не желает раскрывать детали реализации системы, которые являются коммерческой тайной, то может потребоваться командировка специалиста от предприятия производителя. В некоторых отдельных случаях система может сообщить пользователю полезную информацию, например, коды ошибок, информационные сообщения, журнал событий и т.д., на основании которых можно устранить проблему самостоятельно. Однако это не всегда возможно.

При удаленном управлении посредством протокола TCP/IP есть определенные ограничения. Так как это не детерминированный протокол, который может использоваться, в том числе, и в открытых сетях, то достаточно сложно обеспечить стабильную скорость обмена данными между удаленными сторонами без потерь и задержек пакетов, могут появляться обрывы соединения в силу различных объективных причин. Так же в целях безопасности необходимо использовать средства защиты данных, для предотвращения несанкционированного доступа и различного рода атак.

В современном оборудовании и станках ЧПУ для обеспечения управления в реальном времени системы перемещений необходимо выдерживать время управляющего цикла не менее 1мс, а зачастую и больше, так как от этого напрямую зависит производительность и количество выпускаемой продукции. Классические протоколы последовательной передачи данных и сопряжения с управляющим компьютером не дают достаточной скорости для управления системами перемещениями с несколькими степенями свободы (независимых координат), так как они обладают малой пропускной способностью. Поэтому, все контуры управления размещаются в специализированном контроллере системы управления, обеспечивающим непосредственное управление приводами прямого действия [1].

Системы управления шаговыми двигателями прямого действия на базе EtherCAT позволяют обеспечить время управляющего цикла менее 100мкс для 1000 устройств ввода-вывода, с максимальным дрожанием сигнала (jitter) менее 1мкс. Благодаря этому контуры управления положением, скоростью и током могут быть вынесены из контроллера, и управляющие команды на каждом цикле будут отправляться непосредственно с управляющего компьютера. Такой компьютер должен иметь в своем составе процессор с двумя и более ядрами, оперативной памятью не менее 512 мегабайт, и операционную систему реального времени (Unix, Linux, Windows RTX и др.) [2].

В общем случае, если рассматривать удаленное управление такой системой через Интернет либо локальную сеть, то возможны различные варианты конфигурации:

1. Все контуры управления располагаются на локальной машине. Удаленный клиент может лишь загружать программу и инициировать запуск движения, а также отправлять другие команды высокого уровня. При этом непосредственное управление движением будет производиться локальным компьютером.

2. Контур управления по положению располагается на удаленной машине, которая может отправлять команды на перемещение в заданную точку на локальный компьютер. На локальном компьютере производится расчет скорости и значения управляющих токов, а затем полученные параметры передаются в контроллер управления. Каждый цикл инициируется удаленной машиной.

3. Контуры управления скоростью и положением располагаются на удаленной машине. На каждом управляющем цикле параметры отправляются на локальную машину, которая перенаправляет их непосредственно контроллеру системы перемещений.

Наиболее быстрым и предпочтительным является первый из вариантов управления. Так как непосредственное управление осуществляется с локального компьютера, и управляющий цикл всегда занимает один и тот же интервал времени. Часть функций системы, которые не связаны с непосредственным управлением движением могут быть организованы удаленно, через веб-приложение в интернет браузере либо программу-клиент. Например, команды для запуска и остановки двигателей, наладки системы, тестирования и др., которые не требуется выполнять в реальном времени, могут отправляться также удаленно.

Второй способ управления подразумевает, что положение двигателей напрямую зависит от удаленно отправляемых команд. Каждая команда указывает в какую точку должен выйти шаговый двигатель на этом цикле. После получения команды локальный компьютер дополнительно производит расчет скорости и значения управляющих токов, только после этого все параметры отправляются на выполнение приводам. В

случае многокоординатной системы, команда содержит координаты всех шаговых двигателей, на которые они должны выйти на заданном цикле. Третий способ очень похож на второй, отличие лишь в том, что параметры скорости и координаты на каждом цикле вычисляются на удаленном ПК. В такой конфигурации производительность системы перемещений будет напрямую зависеть от качества связи сети, включающего в себя следующие параметры:

- Полоса пропускания, описывающая номинальную пропускную способность среды передачи информации и определяющая ширину канала (измеряется в бит/с, кбит/с, мбит/с, гбит/с);
- Задержка при передаче пакета (в миллисекундах);
- Колебания (дрожание) задержки при передаче пакетов или джиттер;
- Потеря пакетов. Определяет количество пакетов, потерянных в сети во время передачи.

В сети Интернет применяются две основных модели качества обслуживания QoS (Quality of Service). Это интегрированный сервис InetServ и дифференцированное обслуживание DiffServ. Эти механизмы, как правило, используются рядом сетевых приложений, таких как потоковые-мультимедиа, VoIP и видеоконференции, а также приложения, требующие гарантированного качества надежности. Первый основан на резервировании ресурсов маршрутизаторов на основе протокола RSVP (Resource reSerVation Protocol). Второй механизм использует в составе IP-пакета специального байта ToS (Type of Service), который содержит набор критериев, определяющих тип обслуживания. Он позволяет приоритизировать IP-трафик на сетевых маршрутизаторах, с целью обеспечения высокого качества передачи данных [3].

Согласно RFC 1633, модель интегрированного обслуживания обеспечивает сквозное (End-to-End) качество обслуживания, гарантируя необходимую пропускную способность. IntServ использует для своих целей протокол резервирования сетевых ресурсов RSVP, который обеспечивает выполнение требований ко всем промежуточным узлам. В отношении IntServ часто используется термин «резервирование ресурсов». Узел-источник до передачи данных, требующих определённого нестандартного качества обслуживания (например, постоянной полосы пропускания для передачи видеoinформации), посылает по сети специальное сообщение в формате протокола RSVP. Это сообщение о пути содержит данные о типе передаваемой информации и требуемой пропускной способности. Оно передаётся между маршрутизаторами по всему пути от узла-отправителя до адреса назначения резервируется необходимая пропускная способность маршрутизаторов, в которых необходимо зарезервировать определённую полосу пропускания.

Маршрутизатор, получив такое сообщение, проверяет свои ресурсы с целью определения возможности выделения требуемой пропускной способности. При её отсутствии маршрутизатор запрос отвергает. Если требуемая пропускная способность достижима, то маршрутизатор настраивает алгоритм обработки пакетов таким образом, чтобы указанному потоку всегда предоставлялась требуемая пропускная способность, а затем передаёт сообщение следующему маршрутизатору вдоль пути. В результате, по всему пути от узла-отправителя до адреса назначения резервируется необходимая пропускная способность с целью обеспечения запрашиваемого качества обслуживания.

Дифференцированное обслуживание описано в RFC 2474 и RFC 2475. Обеспечивает QoS на основе распределения ресурсов в ядре сети и определенных классификаторов, и ограничений на границе сети, комбинируемых с целью предоставления требуемых услуг. В этой модели вводится разделение трафика по классам, для каждого из которых определяется свой уровень QoS. DiffServ состоит из управления формированием трафика (классификация пакетов, маркировка, управление интенсивностью) и управления политикой (распределение ресурсов, политика отбрасывания пакетов). DiffServ является наиболее подходящим примером «умного» управления приоритетом трафика. В протоколе IPv6 вместо байта ToS используется байт Traffic Class [3].

Таким образом, были рассмотрены возможные варианты реализации удаленного управления многокоординатной системой перемещений через локальную сеть и сеть Интернет. Дана их сравнительная характеристика. В случае управления через Интернет, важным является качество связи сети QoS. Совершенствование сетевого оборудования и технологий, обеспечивающих высокую надежность передачи данных с заданными параметрами, создает условия для применения сети Интернет для управления многокоординатными системами перемещений.

Список использованных источников:

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