

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТОМ НА БАЗЕ ETHERNET-УСТРОЙСТВ

С.Ю. Курсков, А.А. Ильинов, С.А. Кипрушкин, А.Ю. Когочев

В последнее время при автоматизации физического эксперимента широко используются микроконтроллеры с подключенными к ним разнообразными датчиками, измерительными и исполнительными устройствами. К достоинствам подобных устройств следует отнести простоту управления, малое энергопотребление и сравнительно низкую стоимость. Для объединения отдельных звеньев в систему естественно использовать среду Ethernet [1, 2]. Исследователь на основе подобных устройств может создать необходимую ему систему и организовать автоматизированный сбор данных и управление экспериментом.

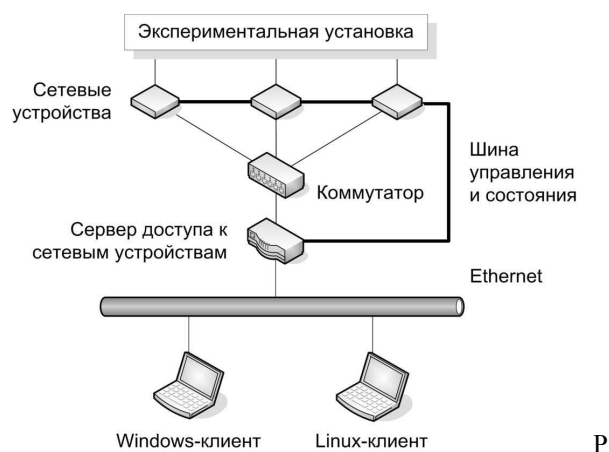


Рис. 1. Распределенная система управления физическим экспериментом на базе Ethernet-устройств

Распределенная система, рассматриваемая в данной работе, построена на Ethernet-устройствах (сетевых устройствах) на основе AVR-микроконтроллеров и интерфейсных модулей NM7010B+ (WIZ810MJ) фирмы WIZnet [3, 4]. Обмен данными между узлами системы и пользователями организован через сервер доступа к сетевым устройствам (рис. 1). В задачи сервера входит проверка наличия запрошенного устройства в сети, определение допустимости заданной функции, пересылка запроса микроконтроллеру, а также передача клиенту данных или номера ошибки при возникновении исключительной ситуации. Сервер сетевых устройств работает на плате ATNGW 100 на базе микроконтроллера Atmel AT32AP7000 [5]. В качестве протокола обмена данными между сервером доступа к Ethernet-устройствам и клиентами используется протокол распределенной системы управления физическим экспериментом, созданной ранее [6, 7]. Для каждого микроконтроллера разработан свой сервер, отвечающий за обслуживание подключенного к нему оборудования. Стоит отметить, что, хотя программный код каждого микроконтроллера и имеет специфические отличия, та его часть, которая обеспечивает работу с сетью (создание сокета, прием и передачу данных, восстановление соединения при разрыве связи), одинакова для всех устройств, что существенно уменьшает трудозатраты при добавлении в систему новых устройств.

Очевидно, что работа узлов в системе должна быть синхронизирована. Обеспечить синхронизацию можно как программно, так и аппаратно. Хотя программная синхронизация реализуется наиболее просто, она существенно повышает сетевой трафик и увеличивает время проведения эксперимента. Использование же аппаратной синхронизации позволяет значительно сократить объем передаваемой командной информации и ускорить процесс измерений.

Синхронизация в системе осуществляется следующим образом. Все Ethernet-устройства соединяются сквозной шиной управления и состояния (см. рис. 1). Данная шина состоит из трёх сигнальных линий: линии “выполнить подпрограмму” (ВП) – активный уровень сигнала высокий, линии “подпрограмма выполняется” (ПВ#) – активный уровень сигнала низкий и линии “выполнение подпрограммы завершено” (ВПЗ#) – активный уровень сигнала также низкий. В исходном состоянии (при отсутствии на шине сигналов от ведомых устройств) ведущее устройство, получив от сервера доступа к Ethernet-устройствам команду на выполнение определенной протоколом операции (например, на вывод монохроматора на заданную длину волны), выполняет требуемую подпрограмму и, по завершении последней, выставляет на шину управления и состояния сигнал ВП. Ведомые

контроллеры, обнаружив активный уровень на линии ВП, выставляют на линию ПВ# активный низкий уровень и начинают выполнять свои подпрограммы. После завершения операций каждое ведомое устройство выставляет активный низкий уровень на линию ВПЗ#, что означает, что подпрограмма выполнена и пакеты с результатами отправлены. Выставив сигнал ВПЗ#, устройство еще одну микросекунду держит сигнал ПВ#, а затем снимает его. Ведущее устройство при наличии ВПЗ# и отсутствии ПВ# снимает сигнал ВП, а ведомые устройства, обнаружив исчезновение ВП, снимают ВПЗ#. Далее ведущее устройство может инициировать следующий цикл (сигналом ВП, но только при отсутствии ПВ# и ВПЗ#, что исключает работу системы при обрыве этих линий или сбоях в микроконтроллерах узлов). (Отметим, что в ходе эксперимента функции ведущего устройства могут программно передаваться от одного устройству к другому.)

Результаты измерений с ведомых устройств пересылаются на сервер доступа к сетевым устройствам. Плата ATNGW 100 также используется в качестве маршрутизатора и отделяет локальную сеть Ethernet-устройств от глобальной сети. Так как у платы два физических Ethernet-интерфейса, то для подключения всех Ethernet-устройств в системе используется коммутатор. Для контроля корректности работы системы шина управления и состояния выведена на GPIO-контакты (контакты ввода/вывода общего назначения) платы ATNGW 100, что позволяет (при необходимости) принудительно останавливать эксперимент путем подачи низкого уровня на линию ВПЗ#.

Таким образом, введение дополнительной шины управления и состояния позволило создать самосинхронизирующуюся сетевую информационно-измерительную и управляющую систему на базе Ethernet-устройств. Данное решение позволило существенно повысить точность синхронизации устройств, а также значительно уменьшить число управляющих кадров, посылаемых микроконтроллерам, и, тем самым, сократить время измерений, не опасаясь рассинхронизации устройств в ходе эксперимента.

Разработанная авторами распределенная система на базе Ethernet-устройств используется при проведении лабораторных работ по спектроскопии пучковых и плазменных объектов, а также в курсах "Автоматизированные системы для научных исследований" и "Организация удаленного доступа к автоматизированным системам обработки информации и управления".

ЛИТЕРАТУРА

1. Kiprushkin S. A., Kurskov S. Yu., Sukharev E. S. Network interface for remote sensors of distributed information measurement system // Proceedings of the 10th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2006) and the 12th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS 2006), (16 – 19 July 2006, Orlando, Florida, USA). – Orlando, 2006. – V. 1. – P. 191–193.
2. Kiprushkin S., Kurskov S., Sukharev E. Connection of network sensors to distributed information measurement and control system for education and research // International Journal "Information Technologies & Knowledge". – 2007. – V. 1. – № 2. – P. 171–175.
3. Datasheet NM7010B+. URL: ftp://ftp.efo.ru/pub/wiznet/NM7010B%20Datasheet_v1_2.pdf (дата обращения: 26.02.2008).
4. Datasheet WIZ810MJ. URL: ftp://ftp.efo.ru/pub/wiznet/WIZ810MJ%20Datasheet_V_1.0.pdf (дата обращения: 26.02.2008).
5. Articles in category "NGW100". URL: <http://www.avrfreaks.net/avrfreaks/Category-NGW100.htm> (дата обращения: 25.05.2008).
6. Kiprushkin S. A., Korolev N. A., Kurskov S. Yu. Sharing of Instrument Resources on the Basis of Distributed Information Measurement System // Proceedings of the Second IASTED International Multi-Conference on Automation, Control, and Information Technology – Automation, Control, and Applications: ACIT-ACA 2005, June 20 – 24, 2005, Novosibirsk, Russia. – Novosibirsk: ACTA Press, 2005. – P. 170–175.
7. Кипрушкин С. А., Курсков С. Ю., Королев Н. А. Защита ресурсов и пакетный режим работы распределенной системы управления физическим экспериментом // Научный сервис в сети Интернет: многоядерный компьютерный мир: Тр. Всерос. науч. конф. (24 – 27 сентября 2007 г., Абрау-Дюрсо, г. Новороссийск) / МГУ. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – С. 281–283.