

УДК 004.03

И.Ю. Поляков, А.Н. Клименко, Ю.О. Мякочин, Д.Д. Зыков, А.А. Шелупанов

Обзор решений, используемых в коммерческих системах учета энергоресурсов для передачи данных в гетерогенных системах связи

Целью данной статьи является обзор комплексных решений передачи данных в коммерческих системах учета энергоресурсов с использованием разных каналов. В ходе исследования рассматриваются протоколы маршрутизации, используемые в гибридных технологиях PLC/RF, и анализируется отечественный рынок производителей, применяющих данные технологии при разработке систем коммерческого учета энергоресурсов. Результатом проведенного исследования является аналитический обзор текущей ситуации, сложившейся на отечественном рынке систем коммерческого учета энергоресурсов, и основных технических решений, которые используются при их разработке.

Ключевые слова: система, сеть, rf, plc, связь, учет, протокол, устройство, разработка, таблица, решение, стандарт, прибор, модем, электрооборудование.

doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-3-181-185

Данная статья посвящена сравнительному анализу решений производителей, работающих в области разработки, внедрения и эксплуатации гетерогенных систем связи, построенных на каналах передачи данных по силовым линиям (Power Line Communication – PLC) и беспроводной связи (Radio Frequency – RF). В заключении проведен анализ эффективности существующих решений передачи данных в сфере инфокоммуникационных систем.

RF

Беспроводные технологии являются одним из самых распространенных способов передачи данных. В течение последних лет ощущается растущий интерес разработчиков радиоэлектронной аппаратуры к стандартам и технологиям беспроводной связи на коротких расстояниях: Wi-Fi, WiMax, ZigBee, LPWaN, Bluetooth и радиоканальные системы, работающие в диапазонах 433/868 МГц. Критерии выбора конкретной технологии зависят от области применения. Принято выделять три характеристики, которые определяют область применения беспроводной связи: скорость, энергопотребление, дальность связи. Соответственно условно можно выделить несколько лидеров [1]:

– Wi-Fi характеризуется наибольшей скоростью передачи данных.

– ZigBee и решения, использующие частоты 433/868 МГц, обладают минимальным энергопотреблением.

– LPWaN и решения, использующие частоты 433/868 МГц, обладают максимальной дальностью действия.

PLC

С 1975 г. публиковались стандарты, нацеленные на организацию связи по силовым линиям. С того момента технологии значительно продвинулись в данном направлении. Помехоустойчивость и скорость передачи данных увеличились на порядок, однако ряд проблем так и не был решен.

Стандарт X-10, использующий электросеть в качестве канала связи, был разработан в 1975 г. и

предназначался для реализации дистанционного управления простейшими бытовыми приборами [2]. Для передачи цифровых данных в этой технологии используется амплитудно-частотная модуляция. Стандартом предусматривается передача радиоимпульсов с частотой заполнения 120 кГц, генерируемых в моменты перехода переменного напряжения частотой 50/60 Гц через ноль. В настоящее время контроллеры и адаптеры, используемые в технологии для управления бытовыми приборами, выпускаются многими зарубежными компаниями [3]. Скорость обмена в таких устройствах составляет 50–60 бит/с.

Стандарт CEBus утвержден агентством EIA (Energy Information Administration) в сентябре 1992 г. Данное объединение производителей электронного оборудования создавалось для решения задач унифицирования интерфейсов оборудования, функциональных и электрических спецификаций. В стандарте предусмотрена передача данных с использованием проводов бытовой электросети, витой пары или коаксиального кабеля, а также беспроводная передача. Скорость обмена данными в данном случае не зависит от выбранной среды передачи данных и составляет в среднем 7,5 Кбит/с [4].

Стандарт LonWorks, принятый институтом ANSI (American National Standards Institute) в 1999 г., ориентирован на использование в распределенных системах автоматизации зданий, транспортных сетях, системах автоматизации промышленных предприятий. В качестве физической среды предусмотрено использование электропроводки, витой пары, коаксиального кабеля или радиоканала. LonWorks базируется на применении технологии узкополосной передачи данных. В ней реализованы улучшенная цифровая обработка сигналов, эффективный механизм коррекции ошибок и оригинальный алгоритм выбора альтернативных несущих частот. Максимальная скорость передачи данных в сети LonWorks составляет 1,25 Мбит/с [5].

Набор стандартов G3-PLC разработан одноименным альянсом, целью которого являлось решение задачи широкополосной передачи данных по линиям электропередачи. Протокол G3-PLC адаптирован к требованиям множества международных стандартов (ITU, IEEE и CENELEC), независимо протестирован десятками организаций по всему миру и реализован рядом крупнейших международных изготовителей оборудования. Технология G3-PLC основана на OFDM [6] и обеспечивает надежную передачу данных в диапазоне 10–490 кГц со скоростью до 300 Кбит/с.

Гибридные PLC RF

Суть гибридного подхода заключается в использовании PLC в качестве основы сети, дополненной RF-технологией с низким энергопотреблением. PLC надежно работает между различными комнатами и этажами. Технология RF дополняет ее в местах высоких помех, оказывающих влияние на сигнал в линии электропередачи. Также радиосвязь используется там, где силовые линии физически разделены. Использование технологии RF с низким энергопотреблением позволяет избежать взаимных помех в местах с высокой концентрацией электрического оборудования. Достоверность информации при передаче данных с помощью гетерогенной системы оказывается выше, чем для системы, использующей один канал связи без резервирования, поскольку вероятность одновременного появления помех в разнородных каналах связи крайне мала. Это делает перспективным использование гетерогенной системы в автоматизированных системах коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) [7].

Решения отечественных производителей в области гетерогенных систем связи

«Мобикс чип»

Компания «Мобикс чип» основана в 2011 г. и предлагает АСКУЭ, включающую возможность работы со счетчиками электричества, воды и газа. Данная компания использует три основных метода снятия показаний с приборов учёта:

- проводная связь;
- RF;
- PLC [8].

Компания занимается разработкой специализированной интегральной схемы, основанной на гибридной технологии передачи данных по радиоканалам и линиям электросети. Исследование и разработка осуществляется при грантовой поддержке Фонда «Сколково».

Решение от данной компании основано на смешанных PLC и RF-видах связи, объединенных виртуальной динамической n -мерной сетью (n -DNet) HybridMesh. В каждом узле имеются интегрированные PLC- и RF-модемы. Уникальность данной системы состоит в том, что информация может одновременно передаваться по сетям PLC и RF, благодаря чему сигналы имеют возможность дублировать друг друга, сверяя показания.

Данной системе присущи следующие свойства:

- сообщения поступают одновременно по RF-mesh сети и по PLC-mesh сети, дублируя друг друга и сверяя показания;
- используется технология ячеистой интеллектуальной сети, где каждый узел может не только передавать и принимать свои данные, но и являться ретранслятором или точкой доступа;
- используется специализированное программное обеспечение, где каждый раз оцениваются подходящий маршрут до других узлов, не имеющих прямого доступа к концентратору [9].

Радио и микроэлектроника

В настоящее время научно-производственное предприятие АО «Радио и микроэлектроника» осуществляет полный цикл разработки, производства, сбыта, монтажа, пусконаладки и сопровождения оборудования и систем радиоэлектронного приборостроения, включая разработку программного обеспечения [10].

Один из продуктов – семейство концентраторов RF/PLC, предназначенных для работы в составе автоматизированной системы контроля потребления электроэнергии. Концентратор предназначен для сбора информации от счетчиков электрической энергии по интерфейсу RF и последующей их передачи по интерфейсу PLC-устройству верхнего уровня автоматизированной системы (АС).

НПК «Инкотекс»

Компания НПК «Инкотекс», входящая в состав многопрофильной группы компаний Incotex Electronics Group, специализируется на разработке и производстве электронных приборов учета энергоресурсов и автоматизированных систем коммерческого учета под торговой маркой «Меркурий», основанных на PLC- и GSM-технологиях. Производственные мощности компании располагаются в различных регионах РФ [11].

Номенклатура продукции, которая покрывает потребности как бытового, так и промышленного сектора, насчитывает на данный момент более 120 модификаций электросчетчиков: от обычных однофазных/трехфазных до универсальных приборов, умеющих измерять множество параметров электросети с последующей обработкой, хранением и передачей полученной информации. Для некоторых моделей заявлен следующий функционал:

- дистанционное ограничение максимальной мощности и отключение потребителя;
- учет профиля мощности с использованием двух измерительных элементов, позволяющий исключить хищение электроэнергии;
- использование для приёма/передачи данных цифровых интерфейсов, GSM-каналов и модемов силовой сети.

АСКУЭ «Меркурий Энергоучёт» используется для управления и сбора данных с приборов учета со встроенными модемами PLC-III и RF-868.

В системе существует общая PLC/RF-mesh-сеть, в которой обрабатываются данные, полученные с обоих видов модемов. В данной системе для пере-

дачи данных используется протокол собственной разработки SPRINT.

Протокол пакетной передачи данных и управления SPRINT (Scalable PRotocol for INformation Transfer) является средством взаимодействия управляющей программы или концентратора с микропроцессорными счетчиками электроэнергии. Протокол предназначен для использования в сетях с логической топологией типа «звезда» с единственным мастер-узлом (М), несколькими подчиненными узлами (S) и общей для всех узлов средой передачи пакетов [12].

«СТРИЖ»

«СТРИЖ» или «СТРИЖ Телематика» – российская компания, являющаяся поставщиком беспроводных решений на базе энергоэффективных датчиков и устройств класса LPWaN для Интернета вещей в России и СНГ. LPWaN – это технология беспроводной передачи данных с низким потреблением энергии и большой зоной покрытия. Технология позволяет надежно и при умеренных финансовых затратах коммутировать датчики, передающие информацию об энергопотреблении с территорий, удаленных на десятки километров.

С 2010 г. компания «СТРИЖ» разрабатывает системы телеметрии для ЖКХ, безопасности, «умных» городов и сельского хозяйства. Заявлено, что АСКУЭ, созданная на базе счетчиков серии «Ампер», позволяет организовать надежную передачу данных об энергопотреблении с радиусом охвата территории до 50 км [13].

«ICBCOM»

ООО «АйСиБиКом» – российская компания, основанная в 2006 г. и специализирующаяся в области автоматизации, контроля и удаленного управления процессами и оборудованием. Компания создает комплексные системы, обеспечивающие централизованный сбор данных с оборудования жизнеобеспечения территориально распределенных объектов. На основе собранной информации строятся системы различных типов:

- мониторинг, удаленное конфигурирование и управление оборудованием жизнеобеспечения;
- автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ);
- системы диспетчеризации и управления (СДиУ) оборудованием жизнеобеспечения;
- системы телемеханики и телеуправления (СТиТ) [14].

АИИС КУЭ «ПУМА» предназначена для автоматизированного учета электроэнергии и мощности, а также для диспетчерского и технологического наблюдения за состоянием энергообъектов [15].

В данной топологии задействованы такие элементы, как RF-mesh, PLC-mesh, устройства сбора и передачи данных (УСПД), счётчики, концентраторы и т.д. PLC-mesh и RF-mesh-сети не взаимодействуют между собой напрямую. Они состоят из PLC- и RF-модемов соответственно и предназначаются для об-

мена данными между концентратором и счетчиками электроэнергии, воды, газа, тепла. УСПД обменивается данными с системой управления базами данных через сети 3G, Ethernet и LTE. Система обладает самоорганизующейся структурой, т.е. выбор оптимального маршрута производится автоматически.

«Системы и технологии»

«Системы и технологии» – российская компания, которая была создана в 1992 г. Основное направление работы – производство, внедрение и поддержка программного и аппаратного обеспечения для систем коммерческого учёта электроэнергии. Компания заявляет, что внедрение таких технологий позволяет повысить энергоэффективность как объектов ЖКХ, так и промышленных объектов за счет своевременного оповещения потребителя о потребленной/отпущенной электроэнергии [16].

АО «ПКК Миландр»

Компания АО «ПКК Миландр» основана в 1993 г. Основная специализация компании – реализация проектов в области разработки и производства изделий микроэлектроники, универсальных электронных модулей и приборов промышленного и коммерческого назначения. Помимо этого, компания осуществляет разработку ПО для современных информационных систем и изделий микроэлектроники. С 2012 г. компания выпускает интеллектуальные электросчетчики, имеющие в основании высокопроизводительный 32-битный ARM процессор Cortertx-M0 собственной разработки [17].

В 2014 г. специалисты компании совместно с ТУСУРом приступили к созданию системы АСКУЭ с использованием продукции собственного производства. Развиваемая система является гетерогенной и позволяет осуществлять автоматизированный учет таких энергоресурсов, как электроэнергия, тепло, газ, горячее и холодное водоснабжение, водоотведение [18]. В данной системе для передачи данных от узлов учета до УСПД используется гетерогенная система связи, основанная на PLC/RF-технологии. Стоит отметить, что это единственная АСКУЭ, созданная на основе отечественной элементной базы.

Система предоставляет пользователю целый ряд дополнительных функциональных возможностей [19]: мониторинг технического состояния компонентов системы; удаленное конфигурирование и настройка отдельных компонентов системы; удаленная смена тарифов (опция доступна только для счетчиков электроэнергии); оперативный доступ к показаниям приборов учета; контроль нарушений со стороны потребителей энергоресурсов; возможность удаленного ограничения подачи электроэнергии. Особенностью архитектуры также является обмен информацией, построенный на основе открытых стандартов передачи данных. Данная архитектура обеспечивает совместимость системы с программно-аппаратными решениями других производителей [18]. Заявлена поддержка следующих дополнительных модулей связи: RS-485, ZigBee, CAN, GSM [20].

«Энергомера»

Открытое акционерное общество «Концерн энергомера» образовано в январе 1994 г. В концерн включены следующие предприятия: завод измерительных приборов «Энергомера», завод электронных материалов и приборов «Аналог», завод синтетических корундов «Монокристалл», электротехнический завод «Энергомера».

Информационно-измерительная система (ИИС) «Энергомера» предназначена для контроля и коммерческого учета электроэнергии и мощности, автоматизированного сбора, хранения и обработки и отображения данных об энергопотреблении. ИИС «Энергомера» применяется на энергетических объектах розничного рынка электроэнергии, промышленных предприятиях, в коммунально-бытовом хозяйстве и мелкомоторном секторе [21].

«Тайпит»

Торгово-промышленная группа компаний (ТПГ) «Тайпит» основана в 1999 г. и является одним из ведущих дистрибьюторов в России и странах ближнего зарубежья продукции под такими торговыми марками, как Chairman, InWin, Powerman, Konner и др. Одной из компаний, входящих в структуру ТПГ «Тайпит», является «Тайпит – измерительные приборы».

Основными направлениями деятельности компании являются производство и оптовая продажа счетчиков электрической энергии «НЕВА» и приборов учета газа «ВЕКТОР», метрологического оборудования «Нева-Тест», а также разработка АИИС КУЭ, АСКУЭ [22].

АСКУЭ «НЕВА» представляет собой универсальное решение, основанное на одновременном использовании технологий PLC и RF. Система НЕВА позволяет:

- автоматизировать процесс сбора информации о потреблении;
- фиксировать факты и оценивать объемы хищений;
- управлять и контролировать до 1000 узлов учета одновременно по двум сетям – PLC и RF;
- дистанционно ограничивать потребление электроэнергии абонентом при превышении лимита по мощности и/или напряжению.

Приборы учета осуществляют измерение параметров потребления электроэнергии, затем информация с ПУ одновременно по двум каналам PLC и RF поступает на концентратор. Информация с концентратора передается на сервер, где установлено программное обеспечение для сбора и обработки данных «НЕВА-2» [23].

Заключение

В настоящий момент большинство представленных на рынке систем не обладает достаточной гибкостью. Решения, применяемые в таких системах, построены с использованием технологии PLC либо RF. Работать одновременно с двумя каналами в основном могут УСПД, а конечные устройства, как правило, имеют всего один канал связи. Реже встре-

чаются решения с одновременным использованием проводных и беспроводных технологий.

Основной задачей АСКУЭ является сбор и хранение актуальной информации о приборах учета. Используя одноканальные решения, в АСКУЭ возникает проблема передачи информации от приборов учета к УСПД. Работа в условиях низкого качества канала передачи данных приводит к тому, что заявленные расстояния передачи сигнала значительно сокращаются и увеличивается время отклика системы. Применение гетерогенных систем связи поможет решить эту проблему. Достоверность информации при передаче данных оказывается выше по сравнению с одноканальными системами, поскольку вероятность одновременного появления помех в разнородных каналах связи крайне мала.

При разработке систем коммерческого учета энергоресурсов чаще всего используются зарубежные технологии. Стоит отметить, что практически все рассматриваемые системы связи построены на импортной элементной базе. Самые современные решения недоступны для отечественных разработчиков, так как они являются запатентованными. Следовательно, в настоящее время возникает необходимость в разработке собственных решений для таких систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по Соглашению № 14.577.21.0230. Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57716X0230.

Литература

1. Аникин А. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) и 434/868 МГц // Беспроводные технологии. – 2011. – Т. 4, № 25. – С. 6–12.
2. Торговый интернет-журнал HomeToys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hometoys.com/content.php?url=/htinews/oct99/articles/rye/rye.htm>, свободный (дата обращения: 10.04.2017).
3. Rahman M.M. Medium access control for power line communications: An overview of the IEEE 1901 and ITU-T G.hn Standards / M.M. Rahman, C.S. Hong, S. Lee // IEEE Communications Magazine. – 2011. – Vol. 49, No. 6. – P. 183–191.
4. Corcoran P. M. CEBus network access via the worldwide-web / P.M. Corcoran, J. Desbonnet, K. Lusted // Consumer Electronics, 1996. Digest of Technical Papers., International Conference on. – IEEE, 1996. – 236 p.
5. Kim W.S. et al. A control network architecture based on EIA-709.1 protocol for power line data communications // IEEE Transactions on Consumer Electronics. – 2002. – Vol. 48, No. 3. – P. 650–655.
6. Razazian K. et al. G3-PLC specification for powerline communication: Overview, system simulation and field trial results // Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on. – IEEE, 2010. – P. 313–318.
7. Вершинин А.С. Аппаратная реализация гетерогенного PLC RF-модема для автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов / А.С. Вершинин, Ю.О. Мякочин // Электронные средства и системы управления. – 2016. – Т. 1, № 3 (37). – С. 56–59.

8. Сайт компании ООО «Мобикс Чип» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mobixchip.ru/page/dejatelnost-kompanii>, свободный (дата обращения: 14.04.2017).

9. Mobix АСКУЭ. Сайт компании ООО «Мобикс Чип» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mobixchip.ru/page/preimushhestva-mobix>, свободный (дата обращения: 14.04.2017).

10. Сайт компании АО «РиМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zao-rim.ru/about>, свободный (дата обращения: 17.04.2017).

11. Сайт компании ООО «НПК «ИНКОТЕКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.incotexcom.ru/firm.htm>, свободный (дата обращения: 20.04.2017).

12. АИИС (АСКУЭ) Меркурий-Энергоучёт. Сайт компании ООО «НПК «ИНКОТЕКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.incotexcom.ru/ME_po.htm, свободный (дата обращения: 25.04.2017).

13. Сайт компании «СТРИЖ Телематика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strij.tech/o-kompanii-strizh-telematika>, свободный (дата обращения: 25.04.2017).

14. Сайт компании «АйСиБиКом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://icbcom.ru/ru/o-kompanii/>, свободный (дата обращения: 28.04.2017).

15. Сайт компании производителя измерительной системы коммерческого учета электроэнергии АИИС КУЭ «ПУМА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icbcom.ru/ru/askueaiis-kue>, свободный (дата обращения: 19.12.2016).

16. Сайт компании АО ГК «Системы и Технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sicon.ru/>, свободный (дата обращения: 28.04.2017).

17. Сайт компании АО ПКК «Миландр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.milandr.ru/about/>, свободный (дата обращения: 14.05.2017).

18. Мякочина М. Архитектура АСКУЭ на базе решений компании Миландр // Компоненты и технологии. – 2015. – Т. 1, № 5. – С. 108–111.

19. АСКУЭ от группы компаний «Миландр». Комплексный энергоучет на импортозамещающей аппаратно-программной платформе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iot.ru/promyshlennost/askue-ot-gruppy-kompaniy-milandr-kompleksnyu-energouchet-na-importo-zameshchayushchey-apparatno-progr>, свободный (дата обращения: 04.05.2017).

20. Павлюк М. Автоматизированный учет электроэнергии. Модули связи PLC и ZigBee / М. Павлюк, А. Назаров, Ю. Сахно // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2014. – № 7. – С. 38–46.

21. Сайт компании «Энергомера» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energomera.ru/ru/about/company/history>, свободный (дата обращения: 18.05.2017).

22. Сайт компании ТПП «Тайпит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.taipit.ru/nashi-napravleniya/izmeritelnye-pribory.html>, свободный (дата обращения: 20.05.2017).

23. Сайт компании производителя измерительной системы коммерческого учета электроэнергии АИИС КУЭ «НЕВА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.meters.taipit.ru/catalog/sistema_ucheta_neva_2/1558/, свободный (дата обращения: 20.12.2016).

Поляков Игорь Юрьевич

Программист центра системного проектирования (ЦСП) ТУСУРа

Тел.: +7 (382-2) 70-15-29 доб. 29-81

Эл. почта: piy@csp.tusur.ru

Клименко Алексей Николаевич

Начальник научно-технического отдела ЦСП

Тел.: +7 (382-2) 70-15-29 доб. 29-81

Эл. почта: kan@csp.tusur.ru

Мякочин Юрий Олегович

Директор центра проектирования радиоэлектронной аппаратуры АО «ПКК Миландр»

Тел.: +7 (495-9) 81-54-33 доб. 455

Эл. почта: myakochin.yuri@ic-design.ru

Зыков Дмитрий Дмитриевич

Канд. техн. наук, доцент каф. комплексной информационной безопасности

электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) ТУСУРа

Тел.: +7 (382-2) 70-15-29 доб. 29-80

Эл. почта: dmitry.zykov@tusur.ru

Шелупанов Александр Александрович

Д-р техн. наук, профессор, ректор ТУСУРа

Тел.: +7 (382-2) 51-05-30

Эл. почта: saa@keva.tusur.ru

Polyakov I.Y., Klimenko A.N., Myakochin Y.A.,

Zykov D.D., Shelupanov A.A.

Overview of solutions used in commercial energy accounting systems for data / telemetry in heterogeneous communication systems

The article aims to review of the complex solutions for data passing in the energy source metering systems using a different data transfer channels. As a part of the study, the routing protocols used in hybrid PLC/RF technologies are investigated, and domestic market of producers using this technologies for developing of energy source commercial metering systems is analyzed. The result of the present research is an analytical review of the domestic market current commercial situation determined by energy-source metering systems and of the main technical solutions used for system developing. The analysis of the obtained information allowed the following conclusions: foreign technologies are used more often when developing energy source commercial metering systems; the most up-to-date solutions are inaccessible to Russian developers because of their proprietary limitations. Consequently, at the present day, the necessity to develop Russian solutions for such systems arises.

Keywords: system, network, rf, plc, communication, accounting, protocol, device, development, table, solution, standard, device, modem, electrical equipment.