

«мультифрактального формализма». Описана методика расчета экспоненты Херста и спектра сингулярности с использованием метода MFDFA. Исследована адекватность работы алгоритма.

Ключевые слова: моно- (мульти-) фрактальный процесс, интервал монофрактальности, метод MFDFA, мультифрактальный формализм, флуктуационная функция, экспонента Херста, спектр сингулярностей.

У статті запропонована реалізація алгоритму пошуку інтервалів монофрактальності в неоднорідних фрактальних процесах. Проведено аналіз визначення фрактальної структури фізичних

процесів в рамках теорії «мультифрактального формалізму». Описана методика розрахунку експоненти Херста та спектра сингулярності з використанням методу MFDFA. Досліджено адекватність роботи алгоритму.

In the article the implementation of search monofractal intervals algorithm in nonuniform fractal processes is proposed. The determination of the fractal structure of the physical processes in the framework of "multifractal formalism" is analyzed. A technique of calculating Hurst exponent and singularity spectrum by using MFDFA method is described. The adequacy of the algorithm is examined.

УДК 004.7:62-5

ЧЕРНЫШЕВ Н.Н., к.т.н., доцент (ДонНТУ)
ГАРМАТЕНКО И.А. (ДонНТУ)

Анализ применения современных беспроводных технологий для построения высокопроизводительных систем автоматизации

Беспроводная связь в промышленности

Роль органов чувств в инженерных системах выполняют датчики - от самых простейших контактных до интеллектуальных различных физических величин. Чем больше датчиков, тем больше информации и тем она полнее, а это значит, что в разы повышается качество управления. По оценкам специалистов, сбор и обмен данными в реальном времени о различных аспектах производственных процессов приведет в ближайшие годы к многократному увеличению информационных потоков между датчиками, управляющими контроллерами и системой диспетчерского управления.

Объединяют любые датчики два неперемных условия: наличие источника энергии и канала связи с центральным устройством, собирающим информацию. Это же накладывает ограничение на понятное желание проектировщика увеличить число датчиков в ключевых местах сооружения и элементах инженерных систем. Часто это невозможно

из-за необходимости прокладки километров кабельных каналов. В некоторой степени эту проблему можно решить, используя автономный источник питания и последовательные шины, но это не избавляет проектировщика от всех проблем, а заказчика от необходимости планировать затраты на монтаж кабельной инфраструктуры [1,12].

Возможность отказа от проводных сетей уже давно привлекает разработчиков и пользователей систем автоматизации. Ведь кабели могут медленно разрушаться, например, под влиянием химического воздействия и других факторов внешней среды, присутствующих в производственных помещениях. Их повторная прокладка очень трудоемка и требует больших финансовых затрат. Отказ от проводных технологий передачи данных дает следующие преимущества: быстроту и легкость развертывания, реструктуризации и масштабируемости сетей, мобильность, уменьшение расходов на прокладку кабелей связи [2,3]. Кроме того, применение беспроводных технологий позволяет развертывать сети передачи данных

в местах, не предполагающих проведения кабельных работ, скажем, в силу особенностей конструкции, по соображениям безопасности, при отказе арендатора или по каким-либо другим причинам.

Беспроводная связь завоевывает все более прочные позиции за счет совершенствования стандартов, а также благодаря своим неоспоримым преимуществам. Полный отказ или сокращение числа кабельных линий значительно снижают временные и финансовые издержки до 90% на этапах проектирования, развертывания и эксплуатации систем. Поэтому на рынке встраиваемых систем начали появляться технологии децентрализованных систем управления и сбора данных, а именно - беспроводные сенсорные сети (Wireless Sensor Network) [2,3]. Они состоят из миниатюрных вычислительных устройств - мотов, измеряющих различные физические величины и приемо-передатчиками сигналов, работающими в определенном частотном диапазоне. Поскольку размер мота должен быть небольшим, его питание осуществляется от маломощной батареи. Моты используются только для сбора и первичной обработки сенсорных данных, которые они пересылают по цепочке друг другу, а, в конечном счете, специальному устройству - шлюзу, имеющему соединение с сетью. Основная обработка сенсорных данных осуществляется пользовательскими приложениями сети [7,8].

При построении беспроводных сенсорных сетей часто используется топология Mesh-сетей (ячеистые сети) которая основана на децентрализованной схеме организации сети, что дает высокую степень надежности. Сеть можно представить в виде узлов, которые не только предоставляют возможность связи с сетью, но и выполняют функции маршрутизаторов / ретрансляторов для других узлов этой же сети [4,5,6]. Благодаря этому появляется возможность создания самоустанавливающейся и самовосстанавливающейся сети. Mesh-сети строятся как совокупность кластеров. Территория покрытия разделяется на зоны,

число которых теоретически не ограничено. В зависимости от конкретного решения узлы сети могут выступать в роли ретранслятора (транспортный канал) либо ретранслятора и абонентской точки доступа. Особенностью Mesh является использование специальных протоколов, позволяющих каждой точке доступа создавать таблицы абонентов сети с контролем состояния транспортного канала и поддержкой динамической маршрутизации трафика по оптимальному маршруту между соседними точками. При отказе какого-либо из узлов, происходит автоматическое перенаправление трафика по другому маршруту, что гарантирует не просто доставку трафика адресату, а доставку за минимальное время. Процедура расширения сети ограничивается установкой новых узлов, интеграция которых в существующую сеть происходит автоматически. Недостаток подобных сетей заключается в том, что они используют промежуточные пункты для передачи данных; это может вызвать задержку при пересылке информации и, как следствие, снизить качество трафика реального времени [1].

Требования к беспроводным стандартам связи

При внедрении беспроводных технологий в современные системы автоматизации следует учитывать некоторые особенности. Сегодня основная проблема для пользователя, решившего применить беспроводные решения, заключается в выборе соответствующей технологии. Существует множество типов беспроводной связи и, как и в проводных сетях, к различным системам предъявляются различные требования.

При выборе технологии следует руководствоваться следующими факторами [3]:

1. Объем данных. В некоторых системах требуется собирать мегабиты данных в секунду, другим необходимо

всего лишь несколько раз в сутки включать и выключать отдельные устройства.

2. **Время отклика.** Когда устройство является частью цепи, получение команды в заданный момент является существенным критерием. Требуемое время реакции может составлять несколько микросекунд.

3. **Надежность отклика.** Будет ли сообщение получено наверняка и, если нет, какова вероятность обнаружения ошибок? Здесь при выборе технологии важную роль играют помехи.

4. **Дистанция связи.** Расположены ли узлы сети на большой территории или сосредоточены в одном месте? Дистанция может составлять от нескольких метров для подвижных частей механизма до нескольких километров для насосных

станций распределительной сети. Охватываемое расстояние задает потребляемую мощность и зачастую определяет, можно ли использовать не требующую лицензирования технологию связи.

5. **Число узлов связи.** Требуется ли связь только между двумя узлами, или в ней участвует множество узлов, что потребует использовать более совершенную структуру связи (топология Scatternet).

К самым перспективным беспроводным сенсорным сетям относятся: Z-Wave, ISA100.11a, WirelessHART, Wavenis, Zigbee. В таблице 1 приведены характеристики перечисленных беспроводных стандартов

Таблица 1

Сравнение характеристик беспроводных стандартов

Параметр	ZigBee	Z-Wave	Wireless Hart	ISA 100.11a	Wavenis
Частота вещания, ГГц	0,868/0,915/2,4	0,908/0,868	2,4	2,4	0,433/0,868/0,915
Скорость передачи, кбит/с	20..250	9,6..40	250	250	4,8-100
Радиус действия, м	75	30	200	-	до 1000м

Стандарт Z-Wave

Z-Wave – это европейский стандарт автоматизации, поддерживаемый более чем 150 компаниями, и разработанный датской компанией ZenSys. Технология Z-Wave разработана в расчёте, что основные параметры системы пользователь может изменять сам, не привлекая компанию-инсталлятора. Использование в системе компьютерных контроллеров позволяет значительно расширить функционал, а также интегрировать Z-Wave в уже существующую систему автоматизации [14].

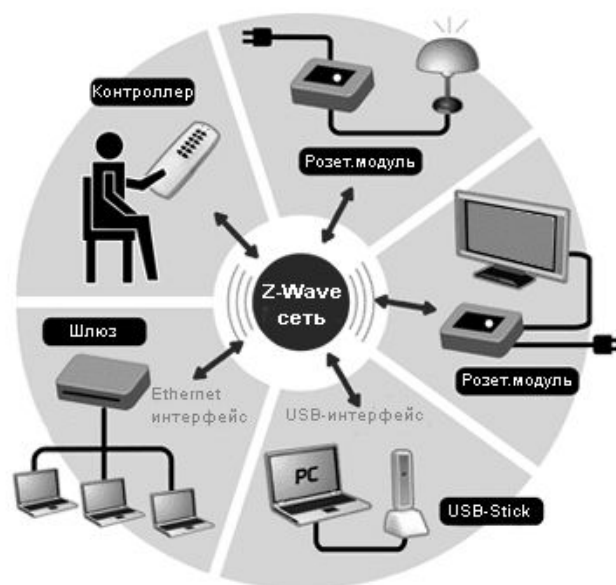


Рис. 1. Организация сети Z-Wave

В отличие от Wi-Fi и других IEEE 802.11 стандартов передачи данных, предназначенных в основном для больших потоков информации, Z-Wave работает в диапазоне частот до 1 ГГц и оптимизирована для передачи простых управляющих команд. Выбор низкого радиочастотного диапазона для Z-Wave обуславливается малым количеством потенциальных источников помех (в отличие от загруженного диапазона 2,4 ГГц, в котором приходится прибегать к мероприятиям, уменьшающим возможные помехи от работающих различных бытовых беспроводных устройств - Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth).

В мире насчитывается более 200 производителей, предлагающих товары с Z-Wave чипами или модулями. Отличительной особенностью Z-Wave является то, что все эти продукты совместимы между собой. В основе решения Z-Wave лежит ячеистая сетевая технология Mesh.

Технология Z-Wave активно используется в системах экономии ресурсов при автоматизированном управлении инженерными системами дома. К основным ресурсам потребляемым внутри дома относятся электричество, горячая и холодная вода, а также тепло, на которое тратится большая часть потребляемой энергии. Z-Wave объединяет всю домашнюю электронику в единую беспроводную сеть без сложного программирования и без прокладки новых кабелей. Любое устройство с поддержкой Z-Wave может быть без усилий добавлено к этой сети, а устройства, не имеющие отношения к Z-Wave могут быть сделаны совместимыми путем простого подключения вилки в гнездо вспомогательного Z-Wave модуля. В секунду новое устройство подсоединяется к сети и может взаимодействовать по беспроводной связи с другими Z-Wave модулями и контроллерами [8].

Стандарт ZigBee

ZigBee/IEEE 802.15.4 – открытый глобальный стандарт, являющийся персональной радиосетью. ZigBee обеспечивает высокую дальность передачи

сигнала, низкое энергопотребление, а также формирует самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся ячеистую (mesh) структуру покрытия. Стандарт ZigBee предназначен для объединения в единую локальную беспроводную сеть удаленных объектов промышленной автоматизации, управления, мониторинга и диспетчеризации.

Способность ZigBee-сетей к масштабируемости без какого-либо вмешательства в работу устройств, быстрой переконфигурации сети по мере добавления в нее новых узлов, организации передачи данных через узлы-ретрансляторы с высокой степенью надежности, поддержке сложных сетевых топологий – все это открывает новые возможности для автоматизации и диспетчеризации удаленных объектов.

Примерами применения ZigBee являются системы управления освещением, автоматического считывания показаний приборов, контроля состояния беспроводных датчиков дыма и углекислого газа, движения, комплексы управления отоплением, кондиционированием и вентиляцией зданий, системы безопасности жилых помещений, средства медицинской диагностики и мониторинга, автомобильная электроника, удаленное управление и контроль технологических процессов, управление движущимися аппаратами, станками, промышленным оборудованием, холодильными установками, устройствами дистанционного сбора данных, телеметрия.

В настоящее время рынок беспроводных сенсорных технологий ZigBee предлагает не готовые решения для самоорганизующихся радиосетей, а лишь отладочные комплекты. Для стыковки конкретного датчика с беспроводным узлом необходимы определенные навыки, инженерный опыт и, следовательно, дополнительные финансовые затраты. Поэтому рано говорить о технологии ZigBee как об общедоступной, дешевой и простой с точки зрения организации беспроводных сенсорных сетей для промышленности [2].

Стандарт Wavenis

Начиная с 2000 года, компания Coronis Systems решила объединить стандартизированные сетевые коммуникации и устройства со сверхнизким энергопотреблением с помощью технологии Wavenis, за основу которой был взят стандарт Bluetooth. Устройства Wavenis отличаются сверхнизким энергопотреблением со средним рабочим током около 10 мкА и периодом в 1 с, что позволяет им работать до 15 лет без замены элемента питания. Также необходимо отметить, что устройства Wavenis работают в нелицензируемых диапазонах ISM (Industrial, Scientific, Medical), которым соответствуют частоты 433, 868 и 915 МГц. Этот факт очень удобен, так как позволяет избежать длительных, дорогостоящих процедур по получению разрешения на эксплуатацию устройства. К тому же частоты менее 1 ГГц не так сильно загружены, как, например, диапазон 2,4 ГГц, в котором работают Bluetooth и Wi-Fi.

Для увеличения дистанции передачи данных и области покрытия системы дополнительно могут использоваться ретрансляторы и/или те же передатчики, которые могут также использоваться как ретрансляторы сигнала. После того, как данные были получены концентратором по радиоканалу, они передаются на сервер сбора информации, используя сервис GPRS/SMS. Ретрансляторы, концентраторы и шлюзы на базе технологии Wavenis позволяют построить сети применительно к любым условиям эксплуатации (от растянувшейся сельской местности до очень плотно заселенного городского сектора и промышленных зон).

В качестве примера использования технологии Wavenis можно привести систему автоматизированного сбора показаний счетчиков в г. Санкт-Петербург. Опрос счетчиков реализован через стационарный концентратор с дальнейшей передачей полученных данных по каналу

связи GSM на сервер сбора данных заказчика [9].

Стандарт WirelessHART

На сегодняшний день одним из основных претендентами на роль ведущего беспроводного стандарта промышленной автоматизации является WirelessHART. Стандарт WirelessHART начал разрабатываться в 2004 году фондом сообщества HART, состоящим из 37 компаний. В апреле 2010 года стандарт WirelessHART был единогласно одобрен международной электротехнической комиссией (МЭК) в качестве первого международного стандарта беспроводной связи промышленной автоматизации под номером IEC62591 [10]. WirelessHART появился в обновлении протокола HART v.7.

За основу беспроводных решений, построенных на базе открытого протокола WirelessHART, взяты технологии самоорганизующихся сетей, то есть настройка параметров передачи происходит автоматически с минимальным участием пользователя.

В основу работы стандарта WirelessHART положена технология самоорганизующихся ячеистых сетей (Mesh Network). Связи с этим разработчикам удалось добиться максимальной эффективности энергопотребления радиопередатчиков. Срок службы батарей в условиях ячеистой архитектуры может достигать 10-ти лет. Среди важных показателей также следует назвать безопасность передачи данных. Для повышения надежности информации в технологии WirelessHART используется несколько механизмов. Для предотвращения интерференции с сетями, работающими на этой же частоте, предусмотрена технология скачкообразной смены несущей частоты (FHSS). В приборах скачкообразного изменения частоты рабочая частота передатчика изменяется через определенный интервал времени. Преимущества очевидны:

поскольку передатчик периодически настроенный по такому же алгоритму меняет частоту передачи данных, то только приемник способен принять информацию.

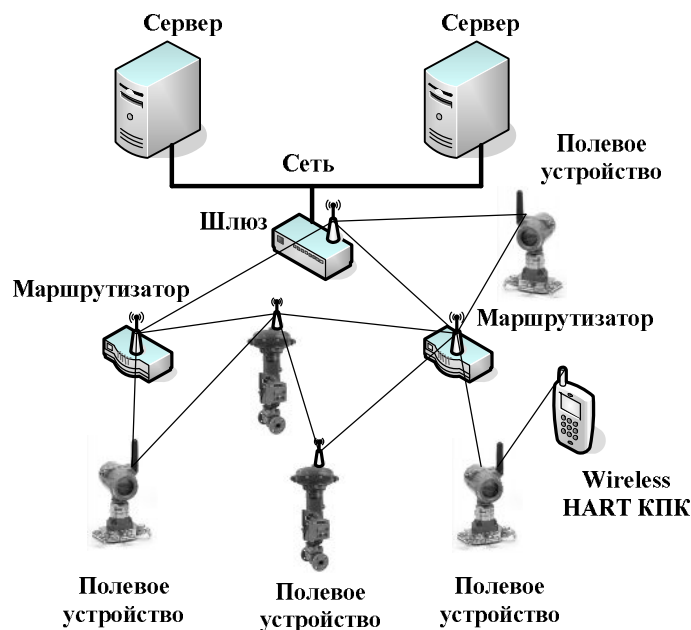


Рис. 2. Самоорганизующаяся ячеистая сеть WirelessHART

Для защиты информации от подслушивания используется технология расширения спектра (DSSS) – распределение узкополосного сигнала по большей полосе за счет добавления псевдослучайной последовательности битов. Эта технология позволяет уменьшить мощность полезного сигнала на каждой конкретной частоте. WirelessHART на сегодняшний день уже активно используется в реальных задачах и имеет положительные отзывы. На данный момент более 15-ти производителей поддерживают стандарт WirelessHART (IEC 62591).

WirelessHART, широко применяются на нефтеперерабатывающих заводах, нефтяных месторождениях, морских платформах, химических заводах и других промышленных предприятиях по всему миру. Основные задачи, которые они решают: получение данных о работе предприятия в режиме реального времени для оптимизации производства; повышение уровня трудовой и производственной безопасности; уменьшение выбросов и других вредных воздействий на окружающую среду [11].

Выводы

1. Последние достижения в беспроводных технологиях уже сейчас обеспечивают преимущества для автоматизации технологических процессов.

2. Большее число точек измерения поможет повысить производительность труда, сделать более эффективным управление запасами, сократить объем работ по техобслуживанию и способствовать оптимизации производительности предприятия в целом. И что еще немаловажно – обеспечивать экономию затрат.

3. Расходы на установку беспроводного соединения составляют небольшую часть обычных затрат на монтаж, обеспечивая значительную экономию по сравнению с традиционными проводными точками установки.

Список литературы:

1. Онуфриев В.А. Построение беспроводных сенсорных сетей на базе стека протоколов One-Net [Электронный ресурс] / В.А.Онуфриев, Е.В. Полетаев,

- Ю.Б. Шаропин. Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/technical-sciences/informatics-computer-science-and-automation/2781-onufriev-ba-eb-poletayev-ub-sharopin>.
2. Алевский Д.А. Технология развертывания локальных беспроводных радиосетей ZigBee в системах промышленной автоматизации и диспетчеризации / Д.А. Алексеевский. А.Е. Плеханов. А.Д. Яманов // «ИСУП». -2011. - № 6 (36). С. 26–32.
3. Jianping Song, Song Han, Aloysius K. Mok, Deji Chen, Mike Lucas, Mark Nixon, Wally Pratt Wireless HART: Applying Wireless Technology in Real - Time Industrial Process Control // IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, 2008. – P. 378-386.
4. Хамов А.А. Применение беспроводных решений Smart Wireless для мониторинга параметров технологических процессов / А.А. Хамов // Приборы и средства автоматизации. -2010. -№1(27). – С.45.
5. Попков Г.В. Mesh-сети: перспективы развития, возможные применения / Попков Г.В. // Проблемы информатики. – 2012. - № 3/9. – С. 74-79.
6. WirelessHART vs. ISA100.11a - What's the Difference? [Электронный ресурс] / Control Global. Process Automation Technologies. Режим доступа: <http://www.controlglobal.com/articles/2012/nixon-wireless-isa/>.
7. Сергиевский М. Беспроводные сенсорные сети. Часть 2 [Электронный ресурс] / М. Сергиевский // Журнал «САПР и графика». Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=18943>.
8. Иванин О. Обзор. Средства беспроводной передачи информации в системах АСУ ТП [Электронный ресурс] / О. Иванин. Режим доступа: <http://ua.automation.com/content/obzor-sredstva-besprovodnoj-peredachi-informacii-v-sistemah-asu-tp>.
9. Матвеев А. Технология беспроводной передачи данных Wavenis / А. Матвеев // Беспроводные технологии. - 2005. - №1. С. 36.
10. HART Communication Protocol and Foundation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.hartcomm.org/>.
11. Тагиров Д.Н. WirelessHART, пожалуй, единственный беспроводной протокол связи, удовлетворяющий требованиям рынка АСУ ТП / Д.Н. Тагиров // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2013. -№8. -С. 58-61.
12. Чернышев Н.Н. Распределенная система автоматического управления установкой сжигания сероводородного газа / Н.Н. Чернышев // Праці луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації №1 (23). – Луганськ: Луганське відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2011, С. 89-95.
13. Чернышев Н.Н. Принципы построения адаптивных регуляторов для технологического процесса получения сернистого ангидрида / Н.Н. Чернышев // Сборник докладов IV Всеукраинской научно-производственной конференции «Информационные технологии и автоматизация –2011». – Одесса: ОНАПТ, 2011. – С. 70-71.
14. Z-Wave - новый стандарт в беспроводном дистанционном управлении [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.z-wave.ru/o-z-wave/chto-takoe-z-wave/novyj-standart.html>

Аннотации:

В статье проведен анализ применяемых при построении систем автоматизации беспроводных стандартов связи. Сформулированы требования, которым должна отвечать беспроводная технология, применяемая для обмена информацией с полевыми устройствами объекта автоматизации.

Ключевые слова: беспроводная технология, автоматизация, полевые устройства.

У статті проведено аналіз застосовуваних при побудові систем автоматизації бездротових стандартів зв'язку. Сформульовано вимоги, яким повинна відповідати бездротова технологія, що застосовується для обміну інформацією з польовими пристроями об'єкта автоматизації.

Ключові слова: бездротова технологія, автоматизація, польові пристрої.

Questions of application wireless communications standards in automation systems are considered in this paper. The requirements applying wireless technology to communicate with field devices plant automation are given.

Keywords: wireless technology, automation, field devices.

