

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ



В.Вишневский, д.т.н.; Г.Гайкович

Сегодня чрезвычайно актуально внедрение современных беспроводных технологий в сетях промышленной автоматике. Уже давно назрела необходимость в надежных беспроводных распределенных системах управления технологическим процессом, причем не только на уровне предприятия, но и за его пределами. Работы в этом направлении ведутся и в России, и за рубежом. Какие беспроводные решения применяются в системах промышленной автоматике сегодня и каких перспективных технологий можно ожидать в будущем – об этом пойдет речь в статье.

Сегодня важной задачей комплексной автоматизации промышленности является организация обмена информацией в масштабах предприятия и за его пределами на основе единой, стандартной, масштабируемой и высокопроизводительной сети.

По оценкам экспертов, только сбор данных в реальном времени о различных аспектах производственных процессов приведет в ближайшие годы к многократному увеличению трафика в распределенных системах промышленного управления [1]. Причем возрастут не только потоки данных между датчиками, управляющими контроллерами и системой диспетчерского управления АСУ ТП, но и мультимедийные потоки в АСУП.

Надежды в решении задач передачи и обработки таких потоков возлагаются как на высокоскоростные проводные Ethernet-сети, так и на беспроводные сети – Wireless Ethernet.

При внедрении беспроводных технологий в системы промышленной автоматике нужно учитывать специфику построения таких систем [2] и особые требования, которые определены стандартами ISA (International Society of Automation), IEC (International Electrotechnical Commission), ODVA (Open Device Vendor Association), EPSG (Ethernet

Powerlink Specification Group), а именно:

- традиционные полевые сети промышленной автоматике поддерживают только три из семи уровней модели ISO-OSI: физического, передачи данных (канальный) и прикладной. При этом отсутствует единый стандарт для таких сетей: разные сети работают по своим протоколам верхнего уровня;
- предъявляются специальные требования к надежности передачи информации на физическом и канальном уровнях модели OSI;
- при введении нового комплекса услуг (голос, видео) приоритет по качеству обслуживания (QoS) должен быть отдан данным.

При выборе беспроводной сенсорной технологии для сетей промышленного применения необходимо также учитывать:

- интенсивность обмена данными на полевом уровне;
- возможность использования автономных источников электропитания большой емкости;
- топологию построения радиосети. Нужно обеспечить избыточность связей, а также возможность самоорганизации сети. Это повысит надежность радиосети, а также упростит ввод в действие оконечных объектов (беспроводных датчиков и исполнительных механизмов).

Идея отказа от проводов выглядит очень привлекательно. Попутно могут быть решены проблемы, связанные с заменой части проводки уже внедренных промышленных сетей. Дело в том, что проводные узлы и кабели могут медленно разрушаться, например под влиянием химического воздействия. Их повторная прокладка очень трудоемка и требует больших финансовых затрат.

Однако пока беспроводные решения играют второстепенную роль в АСУ ТП. Они не удовлетворяют ряду перечисленных требований, в частности по надежности передачи данных [3].

Следует также учитывать, что для АСУ ТП существует своя классификация беспроводного оборудования в зависимости от важности обрабатываемых данных (рис.1).



| Класс | Назначение | Описание |
|-------|--|--|
| 0 | Действия в аварийной ситуации (Emergency action) | Опасно |
| 1 | Система управления с обратной связью – автоматическое регулирование (Closed loop regulatory control) | Критично |
| 2 | Система управления с обратной связью – диспетчерское управление (Closed loop supervisory control) | Не критично |
| 3 | Система управления с открытым контуром (Open loop control) | Ручное управление (человеческий фактор) |
| 4 | Предупреждение об опасности (Alerting) | Предупреждение о нежелательных последствиях в процессе эксплуатации |
| 5 | Регистрация и загрузка данных (Loading and downloading/uploading) | Операция, не требующая немедленных действий (сбор статистики, определение последовательности происходящих событий, профилактика) |

Рис. 1. Классификация оборудования в АСУ ТП

По этому классификатору большинство беспроводных технологий общего назначения, уже применяемых в промышленной автоматике, можно условно отнести к классам 5–4. По классам 3–1 они не гарантируют надежной передачи данных.

Немаловажно и то, что фирмы-производители не торопятся менять традиционную архитектуру построения проводных промышленных сетей. Над созданием протоколов и стандартов для этих сетей трудились многие институты и организации по стандартизации, в эти разработки вложены немалые финансовые средства. На данный момент интерес фирм-производителей к беспроводной связи скорее обозначен полевым уровнем. Их усилия направлены на создание беспроводных сенсорных сетей, которые могли бы с помощью промышленных шлюзов подключаться к полевой шине или к Industrial Ethernet [4, 5].

Существующие технологии беспроводной связи заметно различаются по скорости передачи данных, дальности действия, сложности и стоимости (рис.2). Но какие из них и в каком качестве пригодны в промышленности? Для того чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим ряд беспроводных технологий с точки зрения требований систем промышленной автоматике.

В 2003 году был разработан стандарт IEEE 802.15.4 LR PAN (Low rate personal area Network) для низкоскоростных персональных сетей с малым энергопотреблением. Этот стандарт описывает физический и канальный уровни со скоростью обмена данными до 250 Кбит/с и топологии построения радиосети "звезда", "точка-точка", mesh [6]. Он является основой

построения большинства беспроводных сенсорных сетей с пересылкой данных. И в первую очередь этот стандарт может быть востребован в сетях промышленной автоматике, поскольку полевые шины АСУ ТП, как правило, являются низкоскоростными. Отметим, что на полевом уровне предпочтительны беспроводные самоорганизующиеся mesh-сети, так как они обеспечивают надежность передачи данных, которая требуется в сетях АСУ ТП.

К числу беспроводных сенсорных технологий, основанных на IEEE 802.15.4, относятся стандарты ZigBee общего назначения, Wireless Hart (продукт компании Hart Communication Foundation [4, 7]) промышленного назначения, а также закрытые платформы Eaton PSR фирмы Eaton Corporation промышленного и офисного назначения [8] и EmberNet фирмы Ember промышленного использования [9]. Последние две технологии представляют собой закрытые и запатентованные решения, и поэтому не получили широкого распространения.

Вместе с тем, фирма Ember разработала новую спецификацию EmberZNet, которая несовместима с ранней версией EmberNet, но стала общедоступной спецификацией альянса ZigBee. Есть и отечественные разработки. Среди них можно выделить технологию Mesh Logic, представленную ООО "Инновационные технологии" [9]. Платформа MeshLogic, несмотря на ее преимущества в сравнении с ZigBee, малоприменима в промышленности, поскольку представляет собой частное решение [9].

У платформы ZigBee, в силу ее открытости, есть все шансы получить широкое распространение в коммерческой области и в быту (например, в проектах "Интеллек-

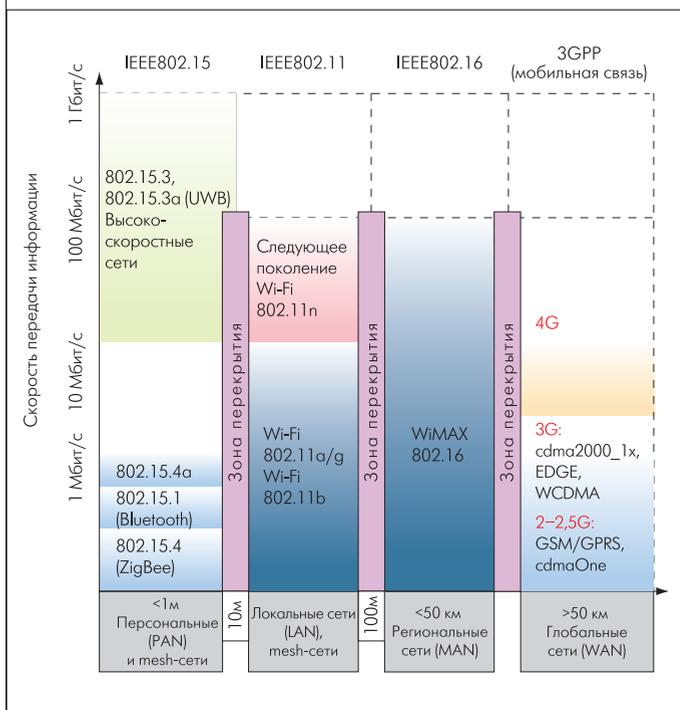


Рис.2. Технологии беспроводной связи

туальный дом"). Но область использования технологии ZigBee в АСУ ТП ограничена в силу ряда причин:

- технология ZigBee имеет свой собственный стек протоколов верхнего уровня, который существенно отличается от протоколов промышленного назначения;
- ZigBee основана на базе стандарта IEEE 802.15.4_2003 (метод доступа к среде CSMA/CA на канальном уровне модели OSI), который не удовлетворяет повышенным требованиям по надежности передачи данных для сетей промышленной автоматике;
- по классификации оборудования для промышленных сетей (см. рис.1) ZigBee можно отнести к классам 5–4 – ее нельзя использовать для управления процессами в АСУ ТП.

Несмотря на эти ограничения, платформа ZigBee нашла свою нишу в АСУ ТП. Например, ее можно задействовать в проектах энергосбережения промышленных предприятий, таких как "Индустрия будущего" [10].

Множество фирм, входящих в альянс ZigBee, уже серийно выпускают устройства для беспроводных сенсорных сетей. Следует отметить такие ведущие компании-

изготовители как Digi International (MaxStream), Telegesis, Texas Instruments (Chipcon), Meshnetics, SiLab (Helicomm), FreeScale, Ember, Jennic и др.

В 2006 году появилась новая спецификация ZigBee. Первой фирмой, которая выпустила программный продукт по спецификации ZigBee_2006, стала Meshnetics. Эта компания планирует стать основным игроком по выпуску продуктов для ZigBee в Европе и занять второе место в мире после американской компании MaxStream (в 2006 году поглощена Digi International) [11, 12].

К сожалению, в настоящее время рынок беспроводных сенсорных технологий ZigBee предлагает не готовые решения для самоорганизующихся радиосетей, а лишь отладочные комплекты (development kit) для последующей доработки в части подключения к ним датчиков. Комплекты включают в себя платы для удаленных узлов и модули (радиочип и микроконтроллер). 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

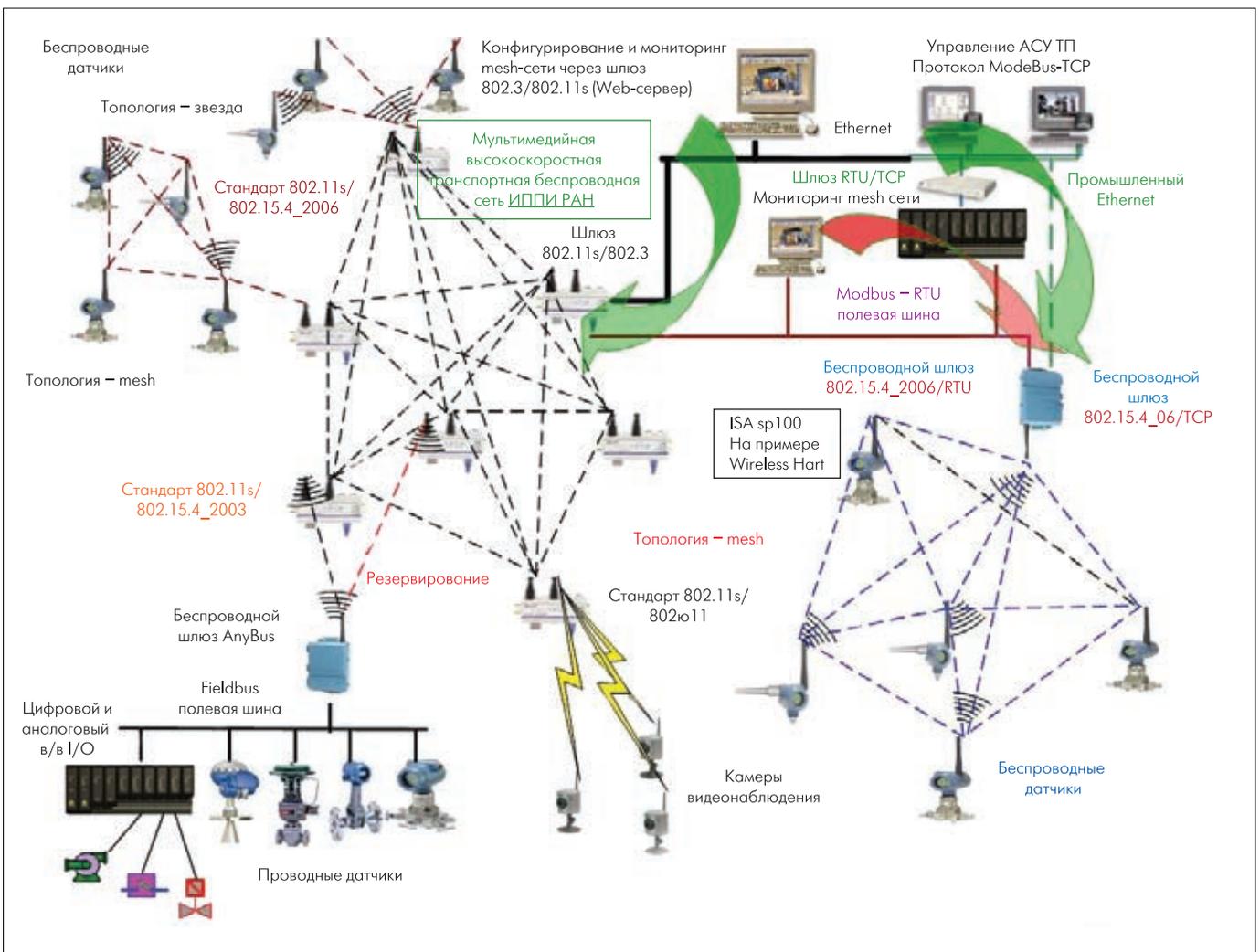


Рис.3. Беспроводные сенсорные сети в промышленной автоматике



и простой с точки зрения организации беспроводных сенсорных сетей для промышленности.

Еще одна перспективная беспроводная сенсорная технология – Wireless HART. Промышленный стандарт проводного HART (Highway Addressable Remote Transducer) был разработан еще в 1980 году компанией Rosemount. В настоящее время HART Communication Foundation включает в себя более 114 ведущих компаний мира (Emerson Process Management, Honeywell, Rosemount и др.). Wireless HART был создан на базе стандарта 802.15.4_2006 [13]. Он имеет стек протоколов верхнего уровня, который совместим с промышленными протоколами HART и ModBus-RTU. Благодаря этому беспроводные сенсорные сети Wireless Hart можно подключать к шинам HART и ModBus-RTU, а также к Industrial Ethernet (рис.3). Важное достоинство Wireless HART в том, что хоть он и основан на стандарте 802.15.4_2006 (в диапазоне 2400–2483,5 МГц), но имеет ряд особенностей. Так, арбитраж реализован не посредством механизма CSMA/CA (множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий), предусмотренного в 802.15.4, а посредством множественного доступа с временным разделением (TDMA). Кроме того, Wireless HART использует механизм быстрого переключения между 16 частотными каналами 802.15.4 (аналог технологии расширения спектра посредством быстрой перестройки частот, FHSS). Это существенно повышает защищенность и надежность передачи данных. Поэтому по классификации оборудования в зависимости от важности обрабатываемых данных (см. рис.1) Wireless HART соответствует классам 5–1, т.е. здесь гарантируется надежность по обмену информацией, связанной непосредственно с управлением технологическим процессом АСУ ТП.

Основной недостаток Wireless Hart [14] в том, что он поддерживает лишь промышленные шины HART и ModBus. Поэтому важной задачей остается создание единого стандарта, который должен обеспечить совместимость широко используемых в АСУ ТП промышленных сетей, таких как Fieldbus, Profibus, Hart и др. Такой стандарт позволит упростить установку оконечных измерительных устройств; на полевом уровне заменить проводные решения беспроводными; внедрить мощные средства защиты для обеспечения целостности сети; решить вопрос о совместимости разнообразных сетей промышленной автоматике как на полевом уровне, так и на уровне Industrial Ethernet.

Таким образом, сегодня интересы крупных промышленных компаний – производителей средств АСУ ТП – сосредоточены на низкоскоростных беспроводных технологиях малой дальности. Этими технологиями занимаются ISA SP-100 (комитет ISA, занимающийся стандартизацией беспроводных систем для автоматике – ISA's Wireless

Systems for Automation standards committee), а также комитеты Zigbee и Wireless Hart.

Для решения задач комплексной автоматизации как внутри промышленных предприятий, так и далеко за их пределами понадобятся более скоростные беспроводные технологии. Повышение интенсивности обмена данными на уровне беспроводных датчиков уже породило модификацию "а" стандарта 802.15.4 со скоростью передачи данных до 1 Мбит/с. К сожалению, в промышленных сетях АСУ ТП стандарт IEEE 802.15.4a пока не востребован.

Введение мультимедийных услуг для АСУ ТП и АСУП требует еще больших скоростей обмена. Кроме того, в ряде задач, например для объединения разнородных сегментов проводных и беспроводных сетей промышленной автоматике, необходимы технологии, обеспечивающие большую дальность передачи информации. Такой технологией может стать стандарт 802.11s. Этот стандарт так же, как 802.15.4, предусматривает использование mesh-топологии, но при этом обеспечивает большую скорость передачи данных и больший радиус действия. Над созданием сетей, поддерживающих передачу мультимедийных данных, работает ряд отечественных институтов, в том числе: Институт проблем передачи информации им. Харкеви-

ча РАН (входящий в состав ISA); Институт системного программирования РАН; Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации.

Эти организации ищут оптимальные возможности создания мультимедийной высокопроизводительной транспортной беспроводной сети (МВТБС) на базе стандартов 802.11s и 802.15.4 для систем промышленной автоматизации [15, 16]. К МВТБС можно подключать разнообразные сегменты беспроводных и проводных промышленных сетей (рис.3). Эти сегменты могут иметь различную топологию ("точка-точка", "звезда" и mesh) и объединять управляющие контроллеры, различные датчики и камеры видеонаблюдения. Для подключения сегментов используются шлюзы стандартов IEEE 802.15.4_2003/IEEE802.11s, IEEE 802.15.4_2006/IEEE802.11s и др. (см. рис.3).

В целом можно сделать вывод, что процесс внедрения беспроводных технологий в системы промышленной автоматизации только начался. Работа в этом направлении ведется, но какие именно решения окажутся наиболее эффективными, покажет будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернобровцев А. Ethernet в промышленности. Предприятие. – Computerworld, № 32, 27.08.2000. – <http://www.opensystems.ru>.
2. Гайкович Г.Ф. Беспроводная связь в сетях промышленной автоматизации. – Электронные компоненты, 2007, №10, с. 64.
3. Вишневецкий В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 591с.
4. www.hartcomm2.org.
5. ISA-SP100, Wireless Systems for Automation. – <http://isa.org>.
6. IEEE standard 802.15.4. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), Oct.2003
7. Майская В. Беспроводные сенсорные сети. – Электроника: НТБ, 2005, №2, с.18–22.
8. EP патент №1480388 МКИ7 H04L 12/28 , 24.11.2004 Eaton Corporation.
9. Баскаков С., Оганов В. Беспроводные сенсорные сети на базе платформы Meshlogic TM. – Электронные компоненты, 2006, №8, с.65–69.
10. Innovation Center. Eaton Wireless Sensor Network for Advanced Energy Management Solutions. – www1.eere.energy.gov/industry/sensors_automation/pdfs/meetings/0607/eaton_07.pdf
11. Сообщество менеджеров E-xecutive, 23.03.2007, www.e-xecutive.ru/news/piece_18987/.
12. Новости ИТ бизнеса для профессионалов, Astera, 23.03.2007, www.astera.ru/news/?id=45711.
13. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Revision of 802.15.4 – 2003, July 2006.
14. www.hartcomm2.org/hcf/press/pr2007/hart7released.html.
15. Vishnevskiy V.M. One approach to wireless multimedia sensor network design. International conferences. Proceeding, Barcelona, Information and telecommunication's technologies in intelligent systems, Mallorea Spain, 2007, p.8–11.
16. Akyildiz I.F. et.al. A survey on wireless multimedia sensor networks. – Computer networks, Oct.2007, p.75–84.

