БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Единая скоростная среда для систем промышленной автоматики

ГАЛИНА ГАЙКОВИЧ, член ISA, эксперт МЭК, НПФ «ИнСет»
ПЕННИ ЧЕН (PENNY CHEN), член ISA, Yokogawa Electric Corporation
ХЕШ КАГАН (HESH KAGAN), Invensys Systems
ПИТЕР ФУР (PETER FUHR), член ISA, ст. член IEEE, Oak Ridge National Laboratory

Статья является продолжением целого ряда публикаций на тему «Беспроводные технологии и их применение в промышленности» (см. ЭК4—6, 9 за 2011 г. и ЭК10, 12 за 2010 г.). В ней рассматриваются пути интеграции беспроводных систем промышленной автоматики и прикладного назначения в инфраструктуру производства с использованием единой скоростной беспроводной транспортной среды (ЕСБТС). В статье также изложено текущее состояние дел по международной стандартизации беспроводных промышленных сетей в виде IEC 62591, IEC TS 62734, IEC TS 62657-1, 2.

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития промышленных сетей, являющихся важнейшим элементом АСУ ТП производства (непрерывного, дискретного, гибридного), а также управления энергетикой, инженерными системами зданий и сооружений или нефтегазодобывающими платформами и транспортными трубопроводами, характеризуется повышением их функциональной насыщенности. Эта модернизация нацелена на создание единой информационной инфраструктуры путем устранения технологических барьеров между АСУТП и АСУП (автоматизированных систем управления предприятием) для эффективного управления производством в целом.

По оценкам экспертов, сбор данных в реальном масштабе времени о различных аспектах производственных процессов приведет в ближайшие годы почти к 30-кратному увеличению трафика в распределенных АСУ ТП, причем значительно вырастут межуровневые потоки информации между датчиками и программируемыми контроллерами АСУТП.

Непрерывное расширение производства и модернизация АСУТП на основе традиционных промышленных сетей с использованием полевых шин (ModBus, Hart, Foundation Fieldbus, DeviceNet, Profibus и др.), а также внедрение сетей Industrial Ethernet (Modbus TCP, Foundation Fieldbus High Speed Ethernet, Profinet и др.), существенно упростивших интеграцию АСУТП в единую информационную инфраструктуру предприятия, постоянно требует введения в эксплуатацию на ограниченных производственных площадях новых километров дорогостоящих проводных линий (кабелей, оптоволокна) и вспомогательного оборудования (кабельных каналов, клемм, шкафов и др.). В итоге общая протяженность промышленных сетей может достигать десятков километров.

Все это приводит не только к увеличению сроков введения в эксплуатацию АСУТП, к сложностям установки и дальнейшего обслуживания проводных решений, но и к непомерному увеличению финансовых инвестиций в производство.

По прогнозам, в 2012 г. объем продукции на мировом рынке проводных технологий для промышленного сектора составит 5630,3 млн долл. (для сравнения: в 2007 г. эта сумма составила 1874,0 млн долл.) [1].

Совершенно очевидно, что необходимо не только альтернативное техническое решение, обеспечивающее снижение затрат для традиционных проводных сетей АСУТП, но и комплексный подход по созданию единой скоростной беспроводной транспортной сетевой среды (ЕСБТС) с внедрением инновационных технологий в инфраструктуру управления производством.

В последнее время у крупных производителей появился повышенный интерес к беспроводным технологиям. По прогнозам, объем продукции на рынке беспроводных технологий для промышленного сектора увеличится в 2012 г. и достигнет 928,1 млн долл. (для сравнения: в 2007 г. этот показатель составил 299,3 млн долл.) [1].

В результате комплексных исследований, проведенных в Научно-исследовательском центре энергетики США в рамках Промышленной технологической программы по энергосбережению до 2017 г., было установлено, что беспроводные технологии по сравнению с проводными являются более эффективными, требуют меньших финансовых вложений на проведение пуско-наладочных работ, существенно сокращают сроки введения в эксплуатацию, обладают явными преимуществами по оперативности их развертывания. Однако был отмечен ряд проблем, связанных с адаптацией беспроводных решений в промышленности, связанных с отсутствием как международных стандартов, так и беспроводных технологий, которые соответствовали бы специальным требования для АСУТП [2].

Согласно проекту RUNES [3] и технологической карте по внедрению инноваций в САУП, одобренной веду-

щими разработчиками и крупными производителями оборудования промышленной автоматики (ABB, Honeywell, Sun, Phoenix Contact, Coronis Systems, CC Systems, Whiston Brook и др.), наиболее востребованными на 2012—2014 гг. окажутся беспроводные технологии для полевых шин (сенсорных сетей Wireless Fieldbus) и промышленных сетей (Wireless Industrial Ethernet) [3]. Планируется также применение беспроводных сенсорных сетей ZigBee (IEEE802.15.4), высокоскоростных персональных сетей стандартов IEEE802.15.1 (Bluetooth), UWB (IEEE802.15.4a), беспроводных систем радиочастотной идентификации (RFID) в рамках единой инфраструктуры предприятия в зависимости от прикладных задач. К их числу можно отнести следующие: управление энергосбережением и состоянием окружающей среды («умное предприятие»); обеспечение безопасности (видеонаблюдение и идентификация обслуживающего персонала); отслеживание ресурсов предприятия и др.

Следует отметить, что любая инфраструктура управления промышленными предприятиями, как правило, соответствует вполне определенным моделям, представленным национальными и международным стандартами. Это означает, что и сам процесс интеграции беспроводных систем в сетях АСУ ТП и АСУП не должен носить стихийный характер, а быть вполне управляемым и соответствующим международным нормам и стандартам.

ТРАДИЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ

В настоящее время наибольшее распространение в мире получила обобщенная модель информационных систем промышленного производства (непрерывного, дискретного, гибридного), которая представлена в виде стандартов ISA-95 и ISA-88. Она была создана на базе предыдущих разработок таких моделей как CIM (Model for Computer-Integrated Manufacturing) и PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture).

РЕКЛАМА

Модель CIM разработана институтом Electric Power Research Institute (EPRI), США, еще в середине 1990-х гг. в рамках проекта Control Center Application Program Interface (CCAPI). Затем она была стандартизована Международной электротехнической комиссией (IEC) в виде стандарта 61970 — Energy Management System Application Programming Interface (EMS-API). Целью стандарта IEC 61970 явилось создание общей модели обмена информацией между электроэнергетическими приложениями, разработанными разными производителями. В модели CIM основная роль отводится вертикальному обмену данными между подсистемами предприятия.

Модель PERA расширила концепцию CIM и определила функциональность цеховых систем предприятия, а именно: управление материалами и энергетическими ресурсами; производственное планирование; внутрицеховую логистику; контроль качества продукции; управление техобслуживанием и ремонтами.

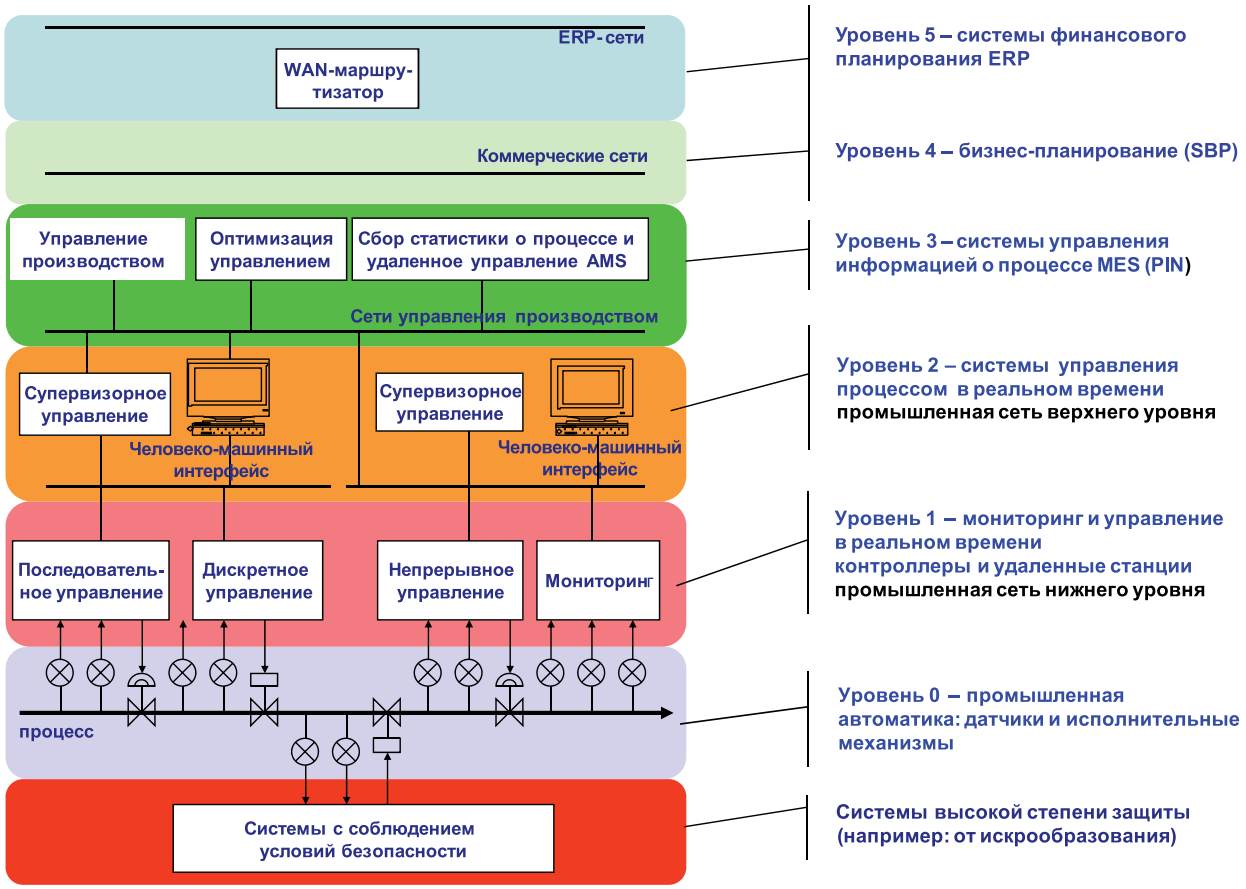


Рис. 1. **Традиционная модель информационных систем предприятия**

Модель по ISA95&ISA88 (см. рис. 1) представляет собой 5-уровневую архитектуру управления промышленным производством, а именно:

– 0, 1, 2 уровни определены как уровни управления процессом (process control). Это т.н. область супервизорного управления и Basic process control АСУТП (по стандарту ISA88);
– 3 уровень имеет отношение к управлению информацией о производстве или АСУП (Manufacturing Execution System, MES). АСУП осуществляет сбор и анализ информации о процессах, происходящих на уровнях 0–1 АСУ ТП (ISA95);
– 4, 5 уровни — это системы финансового (Enterprise Resource Planning ERP) и бизнес-планирования (Site Business Planning, SBN). Они часто рассматриваются как системы ERP-уровня 4.

Самый верхний уровень является пограничным и относится к корпоративным системам управления (Corporate Boundary Management, CBM), отвечающим за взаимосвязь предприятия с «внешним миром», т.е. с поставщиками услуг (например, интернета). В этих системах используются проводные (оптоволокно) и беспроводные технологии (сотовая, спутниковая связь и др.)

Следует заметить, что на производстве часто прибегают к услугам операторов связи для организации выделенных каналов не только на уровне АСУП, но и на уровне АСУ ТП, например, с целью удаленного мониторинга систем промышленной автоматики (AMS). Существует множество таких реализаций, в частности, с использованием сотовой связи на платформе GSM/CDMA в рамках областей и регионов [4—6].

В настоящее время в России MES-системы превращаются в непременный атрибут любой АСУ ТП. ERP-системы не получили пока широкого распространения.

Хотя традиционная модель ISA95&ISA 88 построения инфраструктуры производства представляет собой многоуровневую иерархическую структуру, в ней учитывается не только вертикальный (от верхнего уровня к нижнему), но и горизонтальный обмен, осуществляемый на разных этапах жизненного цикла продукции (см. рис. 1).

По сравнению с академическими моделями CIM и PERA, стандарт ISA95&ISA77 (МЭК 61970) является уникальным пособием и практическим руководством по построению единой информационной инфраструктуры промышленных предприятий и крупных производственных комплексов для разработчиков и пользователей и облегчает не только проектирование, но и модернизацию существующих решений.

Обобщенная модель ISA95&ISA 88 может служить основой и для создания модели ЕСБТС с целью интеграции беспроводных сенсорных сетей и беспроводных сетей прикладного назначения в промышленные сети АСУ ТП и АСУП.

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ, АРХИТЕКТУРА ЕСБТС И МОДЕЛЬ СБТС

На рисунке 2 показана упрощенная архитектура построения ЕСБТС для интеграции разнообразных беспроводных систем в инфраструктуру производства. Следует отметить, что хотя ее создание базируется на применении многовариантных скоростных беспроводных технологий, в ней не исключается возможность использования и проводных решений. Это касается экономически оправданных случаев применения.

Чтобы помочь пользователю разобраться во всем разнообразии беспроводных систем, подлежащих интеграции в АСУТП и АСУП через ЕСБТС, их необходимо систематизировать в зависимости от потребностей производства и прикладных задач.

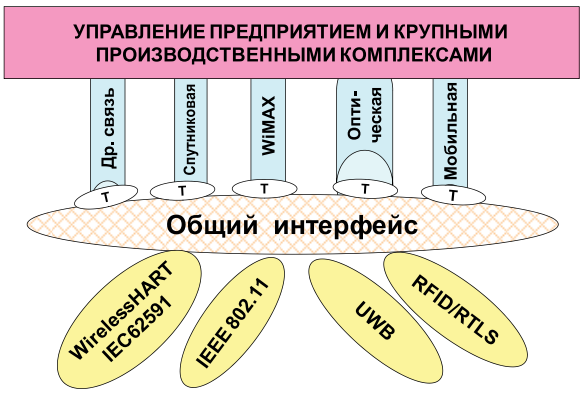


Рис. 2. **Структура ЕСБТС для беспроводных систем предприятия**

На рисунке 3 приведен ряд радиосистем промышленной автоматики, а именно:

– беспроводные системы, имеющие непосредственное отношение к технологическому процессу (мониторинг и управление процессом АСУ ТП). Эти системы должны функционировать по правилам систем реального времени (уровни 0—2 модели на рисунке 1). Они, как правило, детерминированы по времени. По назначению такие системы можно отнести к классу А. При выборе беспроводных технологий для систем класса А следует учитывать не только скорость передачи информации и расстояние, но и время отклика на запрос (подкласс А с задержкой 100 мс) и джиттер радиосигнала, влияющий на частоту появления ошибочных битов (BER) (подкласс А с задержкой 10 мс и джиттер);
– беспроводные системы, обслуживание технологического процесса (определяющее состояние оборудования технологического процесса: вибрация, повышенное давление, повышенная температура, коррозия). Они слабо детерминированы по времени (уровни 0—2 модели на рисунке 1). По назначению такие системы можно отнести к классу В;
– беспроводные системы, имеющие косвенное отношение к технологическому процессу (контроль на соответствие эксплуатационным нормам: токсичные испарения на складах при хранении или обнаружение опасных течей из трубопроводов). Их можно отнести к классу С как системы, не критичные ко времени. Они могут располагаться как в производственной доменной зоне АСУ ТП предприятия, так и на территории предприятия (уровни 2—3 модели на рисунке 1).

Отдельное место в промышленном производстве занимают следующие радиосистемы прикладного назначения (см. рис. 3):

– системы определения местоположения (real-time location system, RTLS) и идентификации RFID ресурсов предприятия;
– системы видеонаблюдения (Wi-Fi);
– системы IP-телефонии: VoIP WPAN (UWB) и VoIP WLAN(WI-Fi);
– беспроводные системы «мобильный оператор».

Беспроводные системы прикладного назначения могут быть расположены в любой доменной зоне предприятия. Однако в настоящее время они востребованы, в основном, на верхних уровнях модели ISA95.

Из рисунка 2 видно, что ЕСБТС для АСУ ТП и АСУП является многовари-

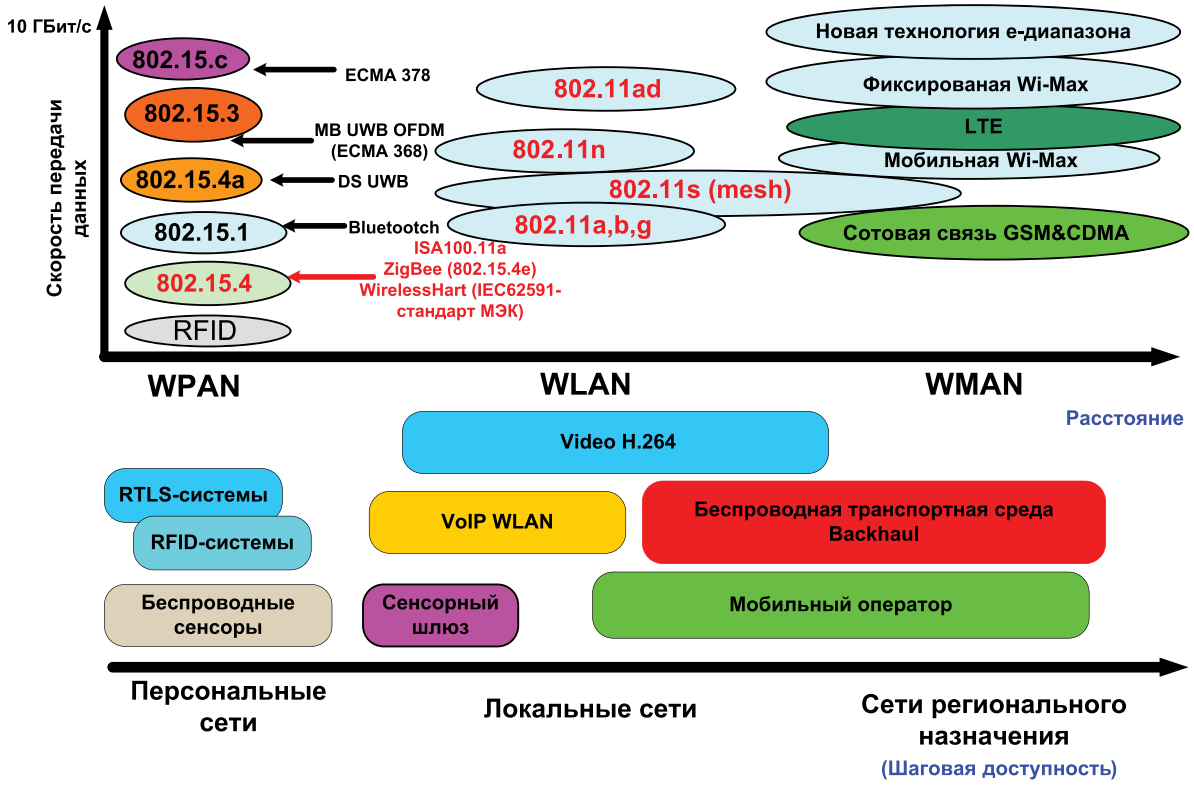


Рис. 3. **Беспроводные технологии и системы промышленной автоматики**

антной. Следовательно, в качестве базовой должна быть выбрана та беспроводная технология, которая в каждом конкретном случае лучше всех соответствует вполне определенным требованиям.

Необходимо заметить, что создание общей модели ЕСБТС для предприятия в целом представляет собой сложную задачу, которая до сих пор не решена. Поэтому в данной статье рассматривается частный случай в виде первой попытки построения общей модели для АСУ ТП.

Практика показала, что при выборе беспроводной технологии для промышленного производства следует руководствоваться такими ключевыми параметрами как скорость передачи информации и расстояние (шаговая доступность) [7—9].

Пропускная способность сетей беспроводных систем промышленной автоматики определяется возможностями нижнего уровня промышленных сетей АСУ ТП (т.е. полевых шин уровня 0—1, см. рис. 1) и беспроводных систем прикладного назначения (для передачи данных, голоса, видео). Зная количество устройств, их распределение на производственных площадях (в шаговой доступности WPAN/WLAN), а также их скорость передачи в системе, можно определиться с выбором технологии (см. табл. 1).

Следовательно, выбор беспроводной технологии в качестве базовой транспортной среды, которая подключается через шлюз к промышленной сети АСУ ТП (уровень 2 на рисунке 1), должен осуществляться исходя из суммарной пропускной способности всех необходимых беспроводных систем, а также с учетом их расположения как на территории предприятия, так и за его пределами.

На рисунке 4 показана общая модель сетевой архитектуры СБТС (нижние уровни ЕСБТС) для интеграции беспроводных систем в АСУ ТП.

Таблица 1. **Системы промышленной автоматики и выбор беспроводной технологии**

Назначение беспроводных систем	Скорость передачи информации от единицы оборудования	Беспроводная технология
Видеонаблюдение	500 Кбит/с *на видеокамеру*	802.11 802.16
Промышленная автоматика	8 Кбит/с *на сенсор*	802.15.1 802.15.4 802.15.4a
Транспортная среда СБТС (на уровне шлюзов систем промышленной автоматики)	400–500 Кбит/с 1 Мбит/с 5 Мбит/с 12 Мбит/с *на шлюз системы*	802.11x 802.16 сотовая связь, промышленный Ethernet (проводные решения)
VoIP WPAN	~30 Кбит/с *на микрофон-сенсор*	802.15.4a UWB или chirp-решения
VoIPWLAN	~1 Мбит/с *(определяется кодеком телефона)*	802.11b
RTLS, включая RFID	1~100 Кбит/с *на радиопередатчик*	RFID (широкий диапазон стандартов, например, ISO/ IEC18000-4, 6, 7 active-passive tags) 802.11 802.15.3 802.15.4a ECMA

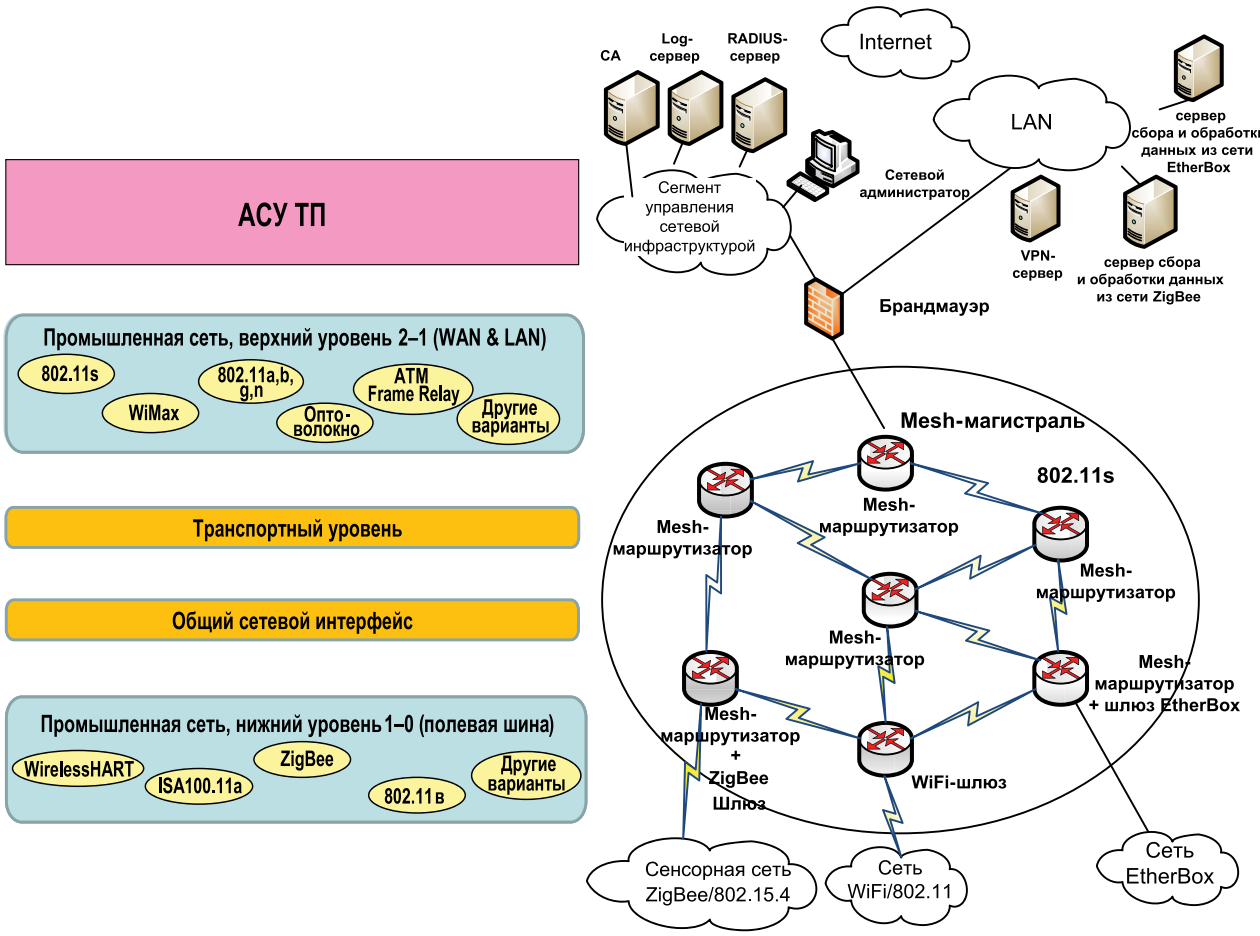


Рис. 4. **Общая модель архитектуры СБТС и пилотный проект в России**

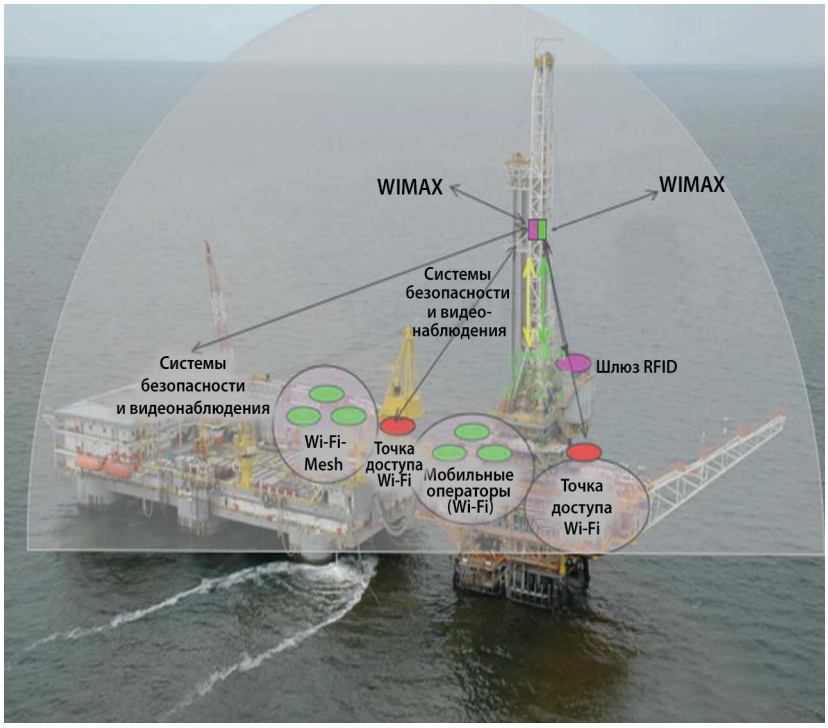


Рис. 5. **Один из примеров организации СБТС для нефтедобывающих платформ**

По такой модели были сделаны первые пилотные проекты в России (с внедрением на заводе «Аурат» [10], см. рис. 4) и зарубежом (фирма Emerson, США [11]).

Привлекательными могут быть аналогичные беспроводные проекты для удаленных нефтедобывающих платформ с очень ограниченными площадями, отличающихся большой насыщенностью оборудованием, включая использование таких новейших технологий как Wi-MAX и беспроводные инновации в области е-диапазона РЧС (см. рис. 5).

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

В настоящее время за рубежом идет полным ходом процесс стандартизации в области беспроводных промышленных сетей АСУ ТП на основе полевых шин (со временем отклика на запрос порядка 100 мс). В 2010 г. был разработан первый беспроводной стандарт IEC 62591 для полевой шины Hart АСУ ТП. На стадии рассмотрения в МЭК также находится стандарт IEC 62734 Ed. 1.0, созданный Международным обществом по промышленной автоматике ISA. Фирма NIVIS (США) выпустила первый отладочный комплект беспроводной системы для промышленной автоматики на базе стандартов ISA WHart&ISA100.11a. Однако по своим техническим параметрам такая система соответствует, скорее всего, классу B. Для класса A, как уже было сказано, предъявляются более жесткие требования.

Существует множество и других проблем, связанных с внедрением беспроводного оборудования промышленной

автоматики. В связи с ограничениями на доступ к радиочастотному ресурсу в разных странах и регионах для выработки единой стратегии для мирового промышленного сектора требуется разработать международные стандарты по частотному регулированию и решить вопросы сосуществования радиосистем в ограниченном пространстве. В настоящее время рабочая группа МЭК секции SC65C рассматривает проекты будущих стандартов IEC/TS 62657.

Однако до сих пор не решены вопросы с международной стандартизацией и выбором беспроводных технологий для полевых шин АСУ ТП с гарантированной доставкой пакетов и критичных ко времени отклика на запрос (~10 мс). Не решены также задачи комплексного подхода по созданию единой беспроводной транспортной среды для предприятий и крупных промышленных комплексов.

ВЫВОДЫ

В настоящее время интеграция беспроводных систем разного назначения в производственную инфраструктуру возможна как за счет скоростных проводных (Ethernet), так и беспроводных решений, по совокупности представляющих собой единую транспортную среду. Архитектура ее построения должна быть согласована с традиционной моделью информационных систем предприятия стандартов ISA95&ISA88 (IEC61970). Отсутствие необходимых стандартов тормозит внедрение беспроводных инноваций в производство. Однако в мире уже наблюдается тенденция постепенного перехода от Industrial Ethernet к Wireless Industrial Ethernet в виде СБТС для объединения беспроводных систем промышленной автоматики и систем прикладного назначения промышленных предприятий и крупных производственных комплексов.

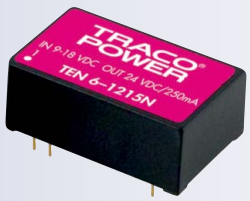
ЛИТЕРАТУРА

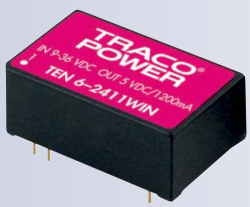
1. *Industrial Ethernet Book, Exclusive report with Market Share Projections, imsresearch.com, Issue 54//http://ethernet.industrial-networking.com. September 2009 (OIL&GAS).*
2. *Elliot Levine (US Department of Energy), Peter Furh (Apprion Inc.) U.S. Department of Energy's Wireless Energy Efficiency Initiative.*
3. *Konstantinos Koumpis et al. Sira Technology Ltd. connect Blue AB. Wireless Industrial Control and Monitoring beyond Cable Replacement PROFIBUS International Conference//Coombe Abbey. Warwickshire. UK, June 2005.*
4. *Галина Гайкович. Особенности развития сетей беспроводной связи в России. Электронные компоненты. №8. С. 57. 2006.*
5. *Галина Гайкович. Беспроводная связь в системах промышленной автоматики, №10. С. 87. 2007.*
6. *А.В. Гришин, Ю.П. Страшун. Промышленные информационные системы и сети. Практическое руководство. Изд-во «Радио и связь». 2010 г.*
7. *Галина Гайкович, Питер Фур. Беспроводные технологии и их применение в промышленности. Анализ распределения полос радиочастот для промышленного сектора в разных регионах мира, включая Россию. Электронные компоненты. № 4. С. 46. 2010.*
8. *Галина Гайкович, Питер Фур. Беспроводные технологии и их применение в промышленности. Сосуществование разных радиосистем. Электронные компоненты. №10. С. 21. 2010.*
9. *Peter Furh, Wayne Manges, Galina Gaykovich, Penny Chen etc. Wireless networks Technology Review: Implications for Industry. Review. Oak Ridge Lab. Oak Ridge. TN. Pp 1—24.*
10. *Галина Гайкович. Стандартизация в области промышленных сетей. Развитие беспроводных стандартов для АСУ ТП. №1. С. 49. 2009.*
11. *Jignesh G. Bhatt. Wireless networking Technologies for Automation in Oil and Gas Sector. Electrical engineering Department. Indian Institute of Technology Roorkee. P. 1. 2008.*

TRACO POWER

Новые высокоэффективные DC/DC-преобразователи мощностью 6 Вт

Диапазон входных напряжений:
TEN 6N - «2:1»
TEN 6WIN – «4:1»





- Пластиковый корпус DIP-24
- Внутренний фильтр ЭМП
- Диапазон рабочих температур -40…+85 °C
- Напряжение изоляции вход/выход 1500 В DC
- Оптимизированная стоимость
- Гарантия 3 года

www.tracopower.com

Аргуссофт (495) 660-28-55 www.argussoft.ru
ПетроИнТрейд (812) 324-63-50 www.petrointrade.ru
СЭА Электроникс (495) 228-32-82 www.searu.com

РЕКЛАМА