ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПНСТ 421— 2020 (ИСО/МЭК 29182-4: 2013)**

# Информационные технологии

# СЕТИ СЕНСОРНЫЕ

## Типовая архитектура сенсорных сетей

### Часть 4

## Модели сущностей

**[ISO/IEC 29182-4:2013, Information technology — Sensor networks: Sensor Network Reference Architecture (SNRA) — Part 4: Entity models, MOD]**

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (АО «ВНИИС») и Акционерным обществом «Российская венчурная компания» (АО «РВК») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 194 «Киберфизические системы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2020 г. № 30-пнст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО/МЭК 29182-4:2013 «Информационные технологии. Сенсорные сети. Типовая архитектура сенсорных сетей (SNRA). Часть 4. Модели сущностей» (ISO/IEC 29182-4:2013 «Information technology — Sensor networks: Sensor Network Reference Architecture (SNRA) — Part 4: Entity models», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом. Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 Некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами патентных прав. Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несут ответственности за установление подлинности каких-либо или всех таких патентных прав

*Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).*

*Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 121205 Москва, Инновационный центр Сколково, ул. Нобеля, д. 1, e-mail:* gost.e-ecolog.ru *в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: 109074 Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 1.*

*В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2013 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2020

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 1
3 Термины и определения . . . . . 1
4 Сокращения . . . . . 1
5 Общие положения . . . . . 2
6 Физические сущности . . . . . 6
6.1 Сенсорные узлы . . . . . 6
6.2 Шлюзы . . . . . 9
6.3 Другие сети . . . . . 9
6.4 Поставщики служб . . . . . 9
6.5 Пользователи . . . . . 10
7 Функциональные сущности . . . . . 10
7.1 Уровень аппаратного обеспечения сенсорного узла . . . . . 10
7.2 Уровень базовых функций . . . . . 10
7.3 Уровень служб . . . . . 12
7.4 Уровень приложений . . . . . 14
7.5 Межуровневое управление . . . . . 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . . . 19
Библиография . . . . . 20

## Введение

Существует большое число сценариев применения сенсорных сетей, но на практике реализовано относительно небольшое их число. Отчасти это объясняется отсутствием экономического обоснования для некоторых видов применения и отчасти — техническими проблемами, связанными с созданием нетривиальной сенсорной сети оправданной сложности. Основная причина этого в том, что для разработки сенсорной сети требуются знания в нескольких областях, например знания технологий применения сенсорных узлов, коммуникационных и сетевых решений, обработки сигналов, знания электроники, вычислительной техники и информационной безопасности, необходимые для расчета сенсорной сети. В настоящее время процесс проектирования настолько сложен, что архитектура одной сенсорной сети мало применима для другой. Практически каждый раз, когда появляется запрос на проектирование сенсорной сети, необходимо начинать с нуля. Тем не менее при более тщательном рассмотрении можно увидеть множество общих особенностей сенсорных сетей в различных сферах применения. Данные общие особенности включают в себя сходство в выборе архитектуры сети и объектах/функциональных блоках, используемых в архитектуре.

Целями данной серии стандартов являются:

- предоставление рекомендаций для проектирования и разработки сенсорных сетей;
- обеспечение совместимости сенсорных сетей;
- создание автоматически конфигурируемых сенсорных сетей для удобного добавления или удаления сенсорных узлов в существующих сенсорных сетях.

Настоящий стандарт предназначен для разработчиков сенсорных сетей, разработчиков программного обеспечения и поставщиков служб для удовлетворения требований потребителей, включая требования к совместимости.

*Вопросы безопасности выходят за рамки положений настоящего стандарта и являются объектом стандартизации профильных национальных технических комитетов.*

**ПНСТ 421—2020**
**(ИСО/МЭК 29182-4:2013)**

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Информационные технологии**

**СЕТИ СЕНСОРНЫЕ**

**Типовая архитектура сенсорных сетей**

**Часть 4**

**Модели сущностей**

Information technology. Sensor networks. Sensor network reference architecture. Part 4. Entity models

**Срок действия — с 2021—01—01**
**до 2024—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт определяет модели сущностей типовой архитектуры сенсорных сетей (SNRA) для приложений и служб сенсорной сети.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 56947/ISO/IEC/IEEE 21450:2010 Информационные технологии. Интерфейс интеллектуального преобразователя для датчиков и исполнительных устройств. Общие функции, протоколы взаимодействия и форматы электронной таблицы данных преобразователя (ЭТДП)

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [*1*].

## 4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ГЛОНАСС — российская глобальная навигационная спутниковая система;

**Издание официальное**

ГНСС — глобальная навигационная спутниковая система (Global Navigation Satellite System, GNSS);

ЭДТП — электронная таблица данных преобразователя (Transducer Electronic Data Sheet, TEDS);

3G — технологии мобильной связи третьего поколения (3rd Generation);

4G — технологии мобильной связи четвертого поколения (4rd Generation);

GPS — система глобального позиционирования (Global Positioning System);

IEEE — Институт инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers);

IP — интернет-протокол (Internet Protocol);

LBS — служба, основанная на местоположении (Location-Based Services);

LTE — стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными;

MAC — управление доступом к среде (Medium Access Control);

OSI — взаимодействие открытых систем (Open Systems Interconnection);

PHY — физический уровень (Physical layer);

QoS — качество обслуживания (Quality of Service);

RF — радиочастота (Radio Frequency);

RFID — радиочастотная идентификация (Radio Frequency Identification);

SCM — конфигурационное управление (Source Configuration Management);

SDP — протокол обнаружения служб (Service Discovery Protocol);

SNRA — типовая архитектура сенсорных сетей (Sensor Network Reference Architecture);

WiMAX — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов).

## 5 Общие положения

Целью настоящего стандарта является предоставление базовой информации о высокоуровневых моделях различных сущностей сенсорной сети. Сущности разделяются на два класса: физические и функциональные. Физические сущности — это аппаратные составляющие и устройства или их компоненты, которые образуют сеть, такие как сенсорные узлы и шлюзы. Например, сенсорный узел и датчик в этом узле являются физическими сущностями. Функциональная сущность представляет собой определенную задачу, которая может быть выполнена для одного или нескольких типов физической сущности. Например, сбор данных и совместная обработка информации являются функциональными сущностями. При этом сбор данных проводится датчиками, а совместная обработка информации выполняется сенсорными узлами, поставщиками служб и пользователями (точнее, их компьютерами). Маршрутизация и аутентификация также являются функциональными сущностями. Чаще всего функциональные сущности представляют собой фрагменты кода, которые выполняются на физических сущностях.

Модели сущностей, приведенные в настоящем стандарте, представляют собой описание функций/ролей сущностей. При этом более подробно представлены модели сущностей, специфичных для сенсорных сетей и потому обычно отсутствующих в сетях связи общего назначения. Примерами таких физических сущностей являются датчики и исполнительные устройства. Более подробно представлены модели функциональных сущностей, таких как обработка данных, самолокализация, управление группами/кластеризация, совместная обработка информации и управление устройствами. Более подробное представление моделей может включать в себя определение связи ввод-вывод для демонстрации деятельности сущности, свойства сущностей, которые характеризуют его возможности, и классификацию способов реализации сущности.

На рисунках 1 и 2 представлены сущности, модели которых определены в настоящем стандарте. На рисунке 1 показаны физические сущности, которые образуют сенсорную сеть, и их соединения. Развернутая часть рисунка показывает внутреннюю структуру сенсорного узла. Исполнительное устройство, хотя и связано с сенсорными узлами датчиков, может физически находиться не в сенсорных узлах.

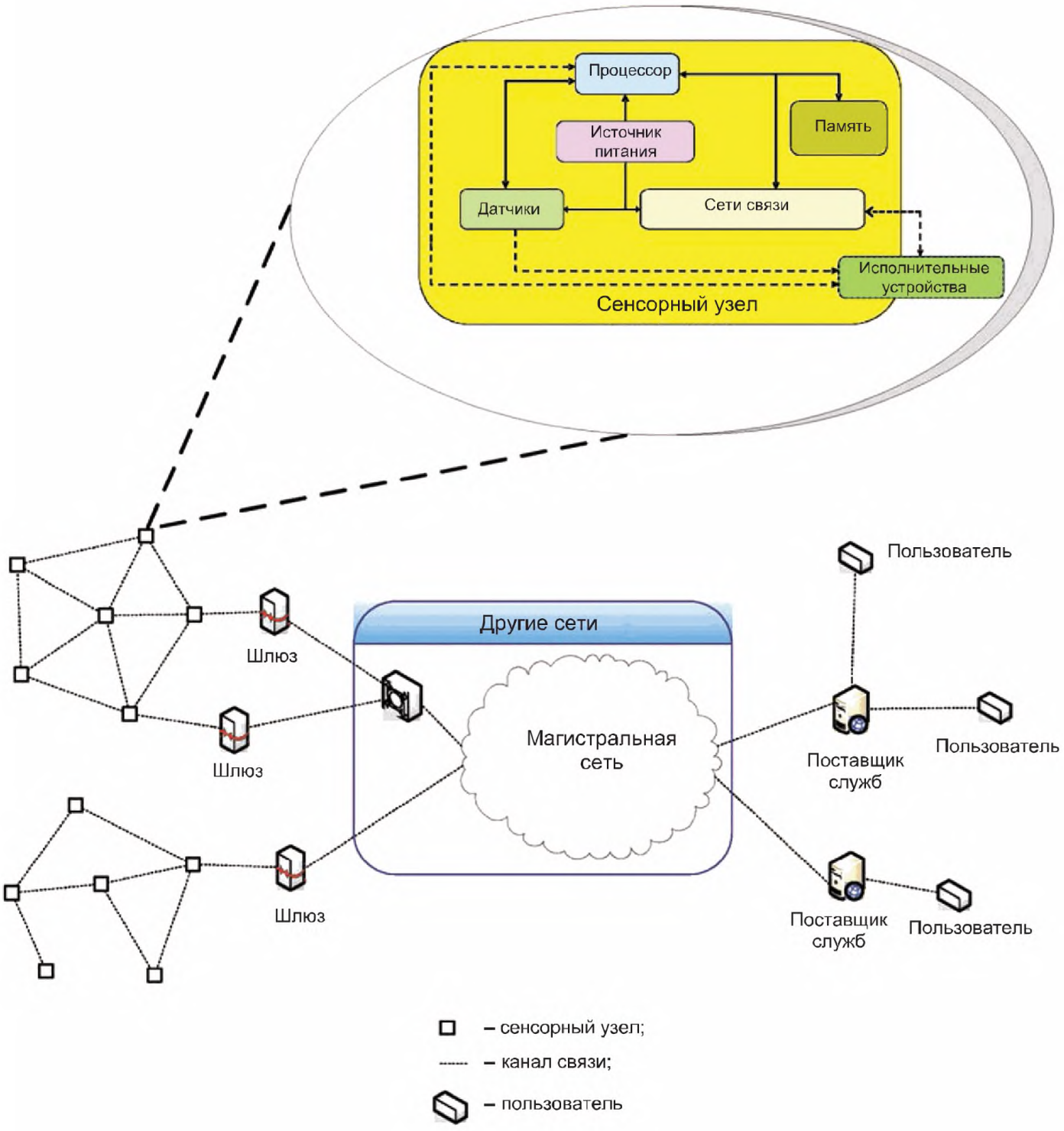



Рисунок 1 — Физические сущности сенсорной сети

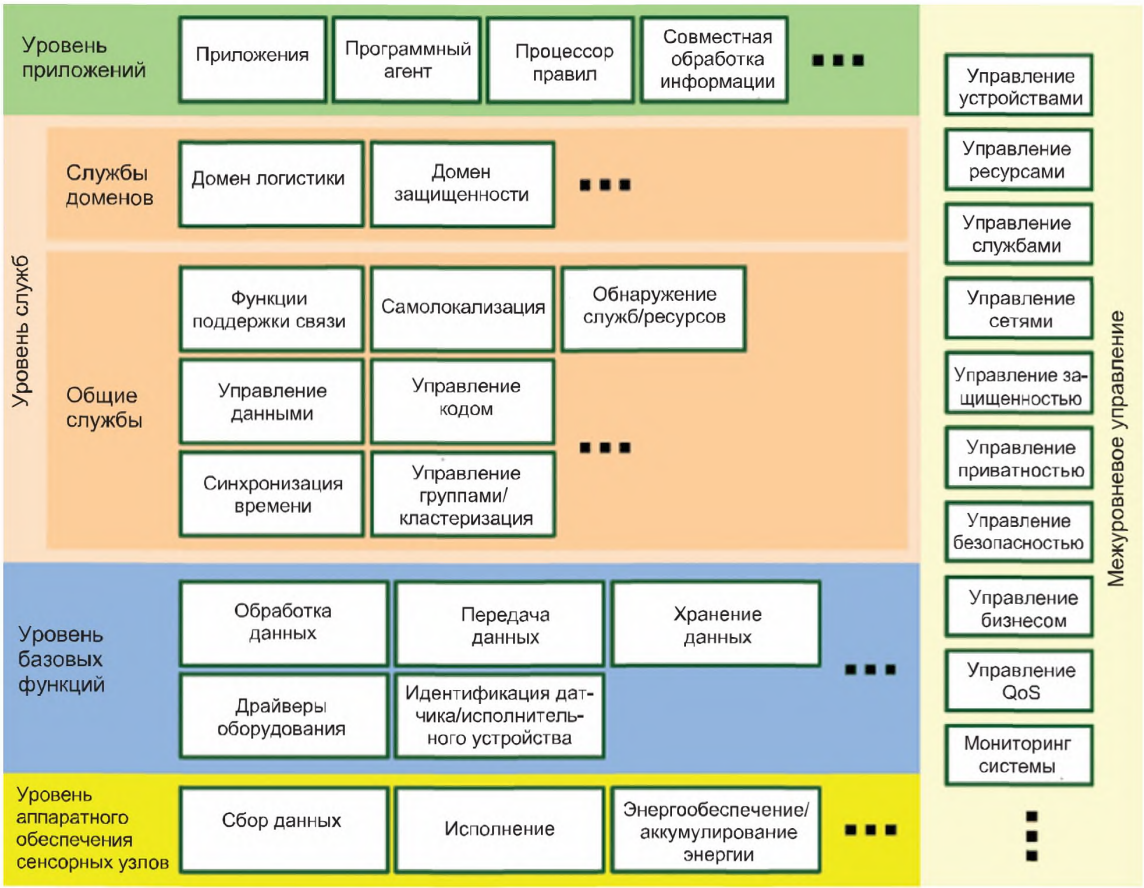



Рисунок 2 — Функциональные сущности сенсорной сети

Взаимосвязь между физическими и функциональными сущностями сенсорной сети не всегда очевидна. В таблице 1 представлены потенциальные взаимосвязи физических и функциональных сущностей. При этом указанные физические сущности могут отсутствовать в конкретной сенсорной сети, в таком случае взаимосвязь с функциональными сущностями является неактуальной.

Таблица 1 — Взаимосвязи между физическими и функциональными сущностями

| Тип сущности | | | Физические сущности: Сенсорные узлы: Датчики | Сенсорные узлы: Исполнительные устройства | Сенсорные узлы: Модуль связи | Сенсорные узлы: Процессор | Сенсорные узлы: Память | Сенсорные узлы: Источники энергии | Шлюзы | Другие сети: Сети доступа | Другие сети: Магистральная сеть | Поставщики служб | Пользователи |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Функциональные сущности | Уровень аппаратного обеспечения | Сбор данных | • | | | | | | | | | | |
| | | Исполнение | | • | | | | | | | | | |
| | | Энергообеспечение/аккумулирование энергии | | | | | | • | | | | | |
| | Уровень базовых функций | Обработка данных | • | | | • | • | | | | | | |
| | | Передача данных | | | • | | | | • | • | • | • | • |
| | | Хранение данных | | | | | • | | | | | • | • |
| | | Драйверы оборудования | • | • | | • | | | | | | | |
| | | Идентификация датчика/исполнительного устройства | • | • | | • | | | | | | | |
| | Уровень служб | Общие службы: Функции поддержки связи | | | • | • | • | | • | • | • | • | • |
| | | Общие службы: Самолокализация | • | | • | • | • | | | | | | |
| | | Общие службы: Обнаружение служб/ ресурсов | | | • | | | | | | | • | • |
| | | Общие службы: Управление данными | | | | • | • | | | | | • | • |
| | | Общие службы: Управление кодом | | | | • | • | | • | | | • | • |
| | | Общие службы: Синхронизация времени | | | • | • | | | | | | • | • |
| | | Общие службы: Управление группами/ кластеризация | | | • | • | • | | | | | • | |
| | | Службы доменов | | | | • | | | | | | • | |
| | Уровень приложений | Приложения | | | | • | | | | | | • | |
| | | Программный агент | | | | • | | | • | | | • | • |
| | | Процессор правил | | | | • | | | | | | • | • |
| | | Совместная обработка информации | • | | | • | • | | | | | • | • |
| | Межуровневое управление | Управление устройствами | • | • | • | | | | • | | | | |
| | | Управление ресурсами | • | • | • | • | • | | | | | • | • |
| | | Управление службами | | | | | | | | | | • | • |
| | | Управление сетями | | | • | • | • | | | | | • | • |
| | | Управление защищенностью | | | • | • | • | | • | | | • | • |
| | | Управление приватностью | | | | | | | | | | | |
| | | Управление безопасностью | | | | | | | | | | | |
| | | Управление бизнесом | | | | • | • | | | | | • | • |
| | | Управление QoS | • | • | • | • | • | | • | | | • | • |
| | | Мониторинг системы | • | • | • | • | • | • | • | | | | |

# 6 Физические сущности

## 6.1 Сенсорные узлы

### 6.1.1 Общие положения

Сенсорный узел включает в себя несколько сущностей (см. рисунок 1), модели которых представлены ниже. Исполнительное устройство может физически находиться снаружи сенсорного узла.

### 6.1.2 Датчики

Датчик измеряет физические свойства, такие как температура, влажность или уровень монооксида углерода в воздухе, и преобразует их в электрическое напряжение/ток. Преобразование может быть прямым или косвенным. При прямом преобразовании свойство непосредственно преобразуется в электрическое напряжение/ток, при косвенном преобразовании свойство преобразуется в последовательность из одного или нескольких промежуточных свойств перед окончательным преобразованием в электрическое напряжение/ток. Например, в термометре сначала может проводиться измерение температуры и преобразование ее в физическое смещение объекта, а затем физическое смещение объекта преобразовывается в электрическое напряжение/ток. Выходное напряжение/ток датчика имеет аналоговую или цифровую форму. В случае аналогового сигнала используется для преобразования аналогового электрического напряжения/тока в цифровую форму.

Моделью датчика с аналоговым выходом является отношение уровней сигналов на входе и выходе, которое характеризует преобразование свойства, измеряемого датчиком, в выходное электрическое напряжение/ток. Отношение характеризуется в виде математической формулы или графика *xy*, что встречается чаще. Например, на рисунке 3 показано выходное напряжение температуры датчика в зависимости от входной температуры. По мере повышения температуры выходное напряжение уменьшается, что указывает на отрицательный температурный коэффициент.

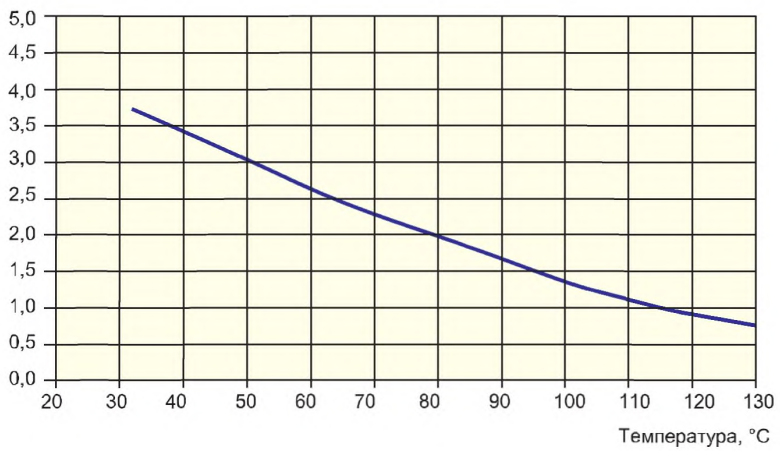



Рисунок 3 — Отношение уровней сигналов на входе и выходе датчика температуры

Моделью датчика с цифровым выходом является график или таблица значений уровней сигналов на входе и выходе квантователя. График представляет собой ступенчатый график *xy* с аналоговым физическим свойством на горизонтальной оси и аналоговым значением, представленным двоичным сигналом на выходе датчика, на вертикальной оси. На рисунке 4 показан график уровней сигналов на входе и выходе ввода-вывода квантователя.

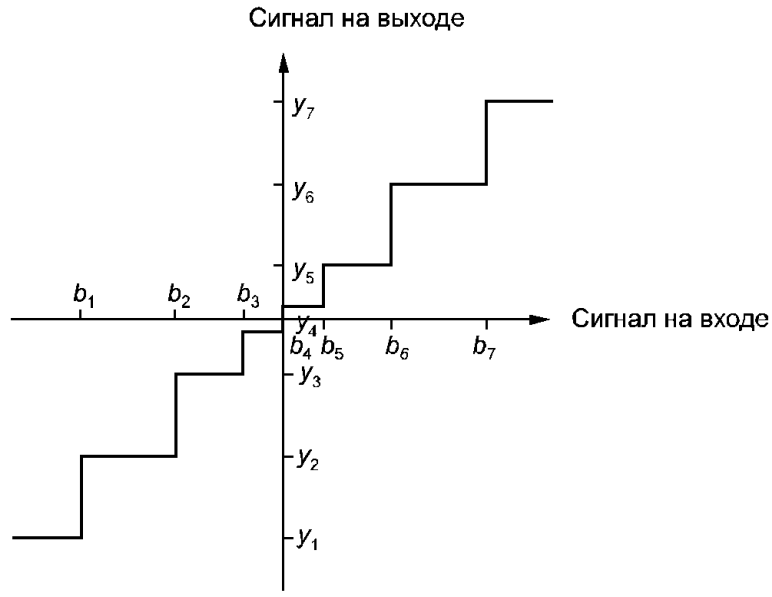



Рисунок 4 — Отношение уровней сигналов на входе и выходе для 8-уровневого неоднородного квантователя

В таблице значений квантователя указываются одинаковые отношения уровней сигналов на входе и выходе, а также двоичные кодовые слова, используемые квантователем. В таблицах 2 и 3 показаны кодер и декодер квантователя, представленного на рисунке 4.

Таблица 2 — Кодер квантователя, представленного на рисунке 4

| Входной диапазон квантователя | Двоичное кодовое слово на выходе |
|---|---|
| $(-\infty, b_1)$ | 000 |
| $(b_1, b_2)$ | 001 |
| $(b_2, b_3)$ | 010 |
| $(b_3, b_4)$ | 011 |
| $(b_4, b_5)$ | 100 |
| $(b_5, b_6)$ | 101 |
| $(b_6, b_7)$ | 110 |
| $(b_7, \infty)$ | 111 |

Таблица 3 — Декодер квантователя, представленного на рисунке 4

| Двоичное кодовое слово на входе | Выходной уровень квантователя |
|---|---|
| 000 | $y_1$ |
| 001 | $y_2$ |
| 010 | $y_3$ |
| 011 | $y_4$ |
| 100 | $y_5$ |
| 101 | $y_6$ |
| 110 | $y_7$ |
| 111 | $y_8$ |

Представленные модели носят детерминистский характер и игнорируют наличие шума в датчике.

Модель с учетом шума $X$ в датчике имеет вид:

$$X = aS + N, \quad (1)$$

где $S$ — детерминированная или случайная величина, представляющая физическое свойство, измеряемое датчиком;

$a$ — коэффициент преобразования/масштабирования;

$N$ — случайная величина, представляющая шум измерения;

$X$ — электрическое напряжение/ток сигнала на выходе датчика.

При использовании указанной стохастической модели датчика необходимо указать коэффициент преобразования/масштабирования $a$ и распределение вероятностей аддитивного шума $N$. При измерении физического свойства, которое измеряется величиной $S$, необходимо обеспечить совместное распределение вероятностей $S$ и шумовой случайной величины $N$. Как правило, но не всегда, $S$ и $N$ предполагаются статистически независимыми. Указанная модель используется для квантователя в случае использования датчика с цифровым выходом.

При использовании моделей, приведенных в настоящем подразделе, должен быть указан диапазон входных значений, т. е. диапазон значений физического свойства, в котором функционирует датчик. Если сенсорный узел включает несколько датчиков, то должна быть представлена модель каждого датчика.

### 6.1.3 Исполнительные устройства

Функционирование исполнительного устройства обратно функционированию датчика движения. На вход устройства подается электрическое напряжение/ток в аналоговой или цифровой форме, что вызывает некоторое движение (перемещение, вращение) объекта на некоторую величину. Во многих случаях электрическое напряжение/ток сначала преобразуется в гидравлическое давление, которое вызывает движение. Принцип схож с принципом косвенного преобразования датчиков.

Детерминистическая модель исполнительного устройства схожа с детерминистической моделью датчика (см. 6.1.2). Исполнительное устройство с аналоговым входным сигналом электрического напряжения/тока моделируется с помощью графика *ху* и диапазона входных значений. Для исполнительного устройства с цифровым аналоговым сигналом может быть использована таблица со значениями движения для всех интервалов входного сигнала. Использование таблицы является удобным при ее небольшом размере. В обратном случае подходящей будет функциональная модель. Функция работает с десятичным значением, представленным двоичной входной строкой для исполнительного устройства, и преобразует его в движение.

Стохастическая модель исполнительного устройства $X$ имеет вид:

$$X = aS + N, \quad (2)$$

где $S$ — детерминированный сигнал/команда на входе исполнительного устройства;

$a$ — коэффициент преобразования/масштабирования;

$N$ — случайная величина, представляющая любую случайность в работе исполнительного устройства.

### 6.1.4 Модуль связи

Сенсорный узел может иметь более одного механизма связи с другими сенсорными узлами и, возможно, шлюзом. Механизмы могут быть проводными или беспроводными. Модуль связи включает в себя все механизмы. Подробное моделирование механизмов связи в сенсорном узле выходит за рамки положений настоящего стандарта. Такое моделирование должно включать в себя физический и канальный уровни модели взаимодействия открытых систем (OSI) и может включать сетевой и транспортный уровни.

### 6.1.5 Процессор

Сенсорный узел, особенно при использовании нескольких датчиков, обычно имеет процессор, используемый для предварительной обработки исходных сенсорных данных. Предварительная обработка данных может включать в себя агрегирование данных, извлечение признаков, слияние данных и совместную обработку данных, собранных на текущем сенсорном узле и на других взаимодействующих с ним сенсорных узлах. Модуль связи и функциональные возможности, такие как службы защиты, требуют наличия вычислительных возможностей на сенсорном узле. Как правило, термин «умный датчик»

обозначает, что на сенсорном узле имеется достаточно технологических возможностей для обработки. С функциональной точки зрения технологические и вычислительные возможности требуются многим сущностям на уровне базовых функций, уровне служб, уровне приложений и для межуровневого управления.

Для характеристики возможностей сенсорного узла не требуется подробная структурная модель процессора, а достаточно характеристик измерения производительности компьютеров и числа процессоров для определения вычислительной мощности узла.

#### 6.1.6 Память

Возможности хранения сенсорного узла определяются двумя характеристиками: размер жесткого диска (медленный доступ) и размер электронного запоминающего устройства (быстрый доступ).

#### 6.1.7 Источник питания

Сенсорные узлы обычно работают от аккумулятора. Поэтому должны быть указаны напряжение аккумулятора и его долговечность, выраженная в миллиамперах-часах. Некоторые сенсорные узлы используют механизм сна, который позволяет находиться большую часть времени в спящем режиме и «просыпаться» для выполнения конкретных функций — сбора данных, обработки и создания отчетов — посредством связи с другими сущностями. В этом случае рекомендуется указать характеристики разряда аккумулятора, поскольку аккумуляторы разряжаются, когда не используются.

Для сенсорного узла с аккумуляторным питанием может быть использована характеристика, позволяющая оценить длительность работы сенсорного узла.

В некоторых случаях сенсорные узлы питаются от электросети. В таких случаях рекомендуется указывать потребляемую мощность сенсорного узла.

Источники питания, аккумуляторы или адаптеры переменного тока обычно громоздки и составляют основную часть массы и размера сенсорного узла. Рекомендуется указывать размер и массу источника питания.

### 6.2 Шлюзы

Шлюзы обеспечивают связь между сенсорной сетью и другой сенсорной или иной сетью. Физические шлюзы находятся на небольшом расстоянии от сенсорного узла. Шлюз использует один протокол для связи с сенсорной сетью, а другой — для связи с другой сенсорной или магистральной сетью. В случае магистральной сети устанавливается прямая связь или связь через сеть доступа. Подробное моделирование и спецификация протоколов связи, используемых шлюзом, выходят за рамки положений настоящего стандарта.

### 6.3 Другие сети

#### 6.3.1 Общие положения

Термин «другие сети» обозначает сети в SNRA, отличные от сенсорных сетей. Другие сети позволяют сенсорной сети проводить обмен данными с пользователями через поставщиков служб, даже если пользователи и поставщики служб физически расположены на большом расстоянии от сенсорной сети. В настоящем подразделе описаны сети доступа и магистральная сеть. В автономной сенсорной сети нет необходимости в других сетях.

#### 6.3.2 Сети доступа

Сеть доступа обеспечивает подключаемость между магистральной сетью и шлюзом в SNRA. Примеры сетей доступа включают в себя сеть Wi-Fi, сеть сотовой телефонии (например, беспроводная связь 3G/4G) и Ethernet в случае шлюза, подключенного через кабель к магистральной сети. Моделирование сети доступа выходит за рамки положений настоящего стандарта.

#### 6.3.3 Магистральная сеть

Наиболее очевидным примером магистральной сети является Интернет. Другим примером магистральной сети является интрасеть, когда сенсорные данные используются локально и не являются доступными для других сетей. Магистральная сеть обеспечивает связь между большим количеством географически распределенных сущностей связи. Магистральная сеть может быть проводной или беспроводной. Моделирование магистральной сети выходит за рамки положений настоящего стандарта.

### 6.4 Поставщики служб

Поставщики служб взаимодействуют с одной или несколькими сенсорными сетями и предоставляют некоторые базовые службы пользователям сенсорных сетей и приложениям на оборудовании

пользователей сенсорных сетей. Например, приложения сенсорной сети, такие как государственное управление воздушным движением и военно-полевое командование, используют некоторые базовые службы мониторинга погоды и климата. Указанные приложения получают информацию о погоде от поставщиков служб, предоставляющих информацию, и службы прогноза.

### 6.5 Пользователи

Пользователи — это сущности, которые потребляют информацию высокого уровня, предоставляемую сенсорными сетями. Приложения сенсорной сети, такие как мониторинг окружающей среды и военно-полевое командование, выполняются на компьютерах пользователей. Приложения могут использовать базовые службы, предоставляемые поставщиками служб (см. 6.4). Пользователь может иметь возможности для визуализации информации, создаваемой приложениями сенсорной сети. В случае более простых сенсорных сетей приложения могут работать на сущностях нижнего уровня и даже на сенсорных узлах.

## 7 Функциональные сущности

### 7.1 Уровень аппаратного обеспечения сенсорного узла

#### 7.1.1 Общие положения

Уровень аппаратного обеспечения сенсорного узла представляет собой набор функциональных возможностей, связанных с восприятием, исполнением и источниками питания сенсорного узла. Восприятие является основной функцией сенсорного узла, но узел может также иметь функцию исполнения. Восприятие и исполнение происходят строго в сенсорных узлах, при этом источники питания могут быть нужны другим физическим сущностям. Хотя физические сущности часто имеют доступ к линии электропередачи, проблема генерации энергии в сенсорных узлах заслуживает особого внимания в случаях питания от аккумуляторов или накопления энергии.

#### 7.1.2 Сбор данных

Сбор данных является основной функцией датчиков. Каждый датчик измеряет некоторое физическое свойство среды, в которой он находится, и преобразует эти измерения в цифровые данные (см. 6.1.2). Сбор данных является общей задачей наблюдения и измерения окружающей среды и создания цифровых данных на основе измерений.

#### 7.1.3 Исполнение

В контексте сенсорной сети исполнение является процессом, посредством которого пользователь влияет на физический мир, наблюдаемый и измеряемый датчиками. Не все сенсорные сети оснащены исполнительными устройствами. В некоторых сенсорных сетях происходит только наблюдение и измерение свойств физического мира без воздействия на него. Сенсорная сеть с исполнительными устройствами может рассматриваться как система управления с обратной связью. Каждое исполнительное устройство получает управляющие команды/сигналы от более высоких функциональных уровней сенсорной сети и вызывает перемещение какого-либо объекта. Понимание того, как влиять на «большой» физический мир посредством использования исполнительных устройств таким образом, чтобы соответствовать целям и ожиданиям пользователя, является сложной задачей.

#### 7.1.4 Энергообеспечение/аккумулирование энергии

Не во всех сенсорных сетях проводится аккумулирование энергии. Сенсорная сеть с аккумуляторным питанием сенсорных узлов будет иметь ограниченный срок службы. Такая сеть перестанет функционировать, когда большая часть ее узлов разрядится. Одним из способов решения этой проблемы является периодическая замена аккумуляторов. Такой способ является неудобным и дорогостоящим в случае большой сенсорной сети. Другим способом является использование аккумулирования энергии, когда сенсорный узел использует некоторые средства извлечения энергии из окружающей среды. Примерами аккумулирования энергии является использование солнечных батарей или ветряных турбин.

### 7.2 Уровень базовых функций

#### 7.2.1 Общие положения

Функциональные сущности на данном уровне связаны с сенсорными узлами, кроме сущностей передачи и хранения данных. Передачу и хранение данных осуществляют как сенсорные узлы, так

и другие физические сущности SNRA. Сенсорные узлы должны выполнять не только функции сбора данных, исполнения и электрообеспечения, но также некоторые базовые задачи. Эти функции сгруппированы в «уровень базовых функций» и описаны далее.

### 7.2.2 Обработка данных

Сенсорный узел может использовать различные алгоритмы для обработки исходных сенсорных данных. Примерами алгоритмов являются усреднение и фильтрация (линейная или нелинейная) для удаления аддитивного или спекл-шума. Ввиду того что пропускная способность сенсорных сетей, особенно беспроводных, является дефицитным ресурсом, используются агрегирование и сжатие данных. Целесообразными являются обработка исходных данных и уменьшение объема данных для передачи соседним сенсорным узлам или централизованной сущности обработки. В статистических документах существует понятие достаточной статистики. Идея состоит в том, чтобы обработать исходные данные и извлечь из них гораздо меньший набор обработанных данных, который фиксирует суть исходных данных. С математической точки зрения оптимальное решение на основе достаточной статистики будет таким же эффективным, как и оптимальное решение на основе исходных данных во всем объеме. Примером использования достаточных статистических данных является обнаружение присутствия враждебных сил в районе наблюдения с использованием множества датчиков. Может проводиться передача в сущность обработки всех исходных данных со всех датчиков или достаточных статистических данных. Если правило оптимального решения о присутствии враждебных сил, основанное на меньшем наборе данных, имеет те же вероятности обнаружения и ложной тревоги или ту же рабочую характеристику, что и правило оптимального решения на основе исходных данных, тогда меньший набор данных называется достаточными статистическими данными. Извлечение признаков является другим типом обработки для уменьшения объема данных, которые должны отправляться сенсорными узлами другим сущностям. Примером извлечения признаков является контекст данных изображения и видеоизображения, когда фиксируются и передаются некоторые важные особенности изображения или видеоизображения, такие как наличие определенных объектов, вместо отправки всего изображения или видеоизображения.

Важное значение имеет представление и формат данных. Должен быть согласованный способ интерпретации данных, которыми обмениваются различные сущности. Например, когда исходные данные о температуре отправляются одним сенсорным узлом другому сенсорному узлу или центральной сущности обработки, то должен присутствовать заголовок с указанием единиц измерения температуры (градусы по Цельсию или по Фаренгейту) и разрешением датчика. Должны быть указаны функции представления данных, которые добавляют дополнительную информацию к основным измерениям датчика.

### 7.2.3 Передача данных

Передача данных происходит между различными физическими сущностями сенсорной сети. Связь может быть проводной или беспроводной. Для связи могут быть использованы различные протоколы. Основной режим обмена информацией в магистральной сети является проводным. Сенсорные узлы используют проводную связь в некоторых развертываниях, например при установке датчиков в определенные здания. Беспроводная связь имеет такие преимущества, как поддержка мобильности и простота развертывания. Однако при этом возникают проблемы радиочастотных (RF) помех и беспроводные передачи более уязвимы для перехвата.

Интернет использует интернет-протокол (IP) на сетевом уровне. Связь между некоторыми сущностями сенсорной сети, например внутри сенсорного узла, может не использовать IP из-за его относительно больших издержек. Для связи внутри сенсорного узла обычно используются протоколы беспроводной связи IEEE 802.15.4a, ZigBee и IEEE 802.11. Данные протоколы функционируют на PHY и уровне контроля доступа к среде (MAC) стека протоколов.

В проводной сети доступа наиболее распространенным стандартом локальной сети является Ethernet. В беспроводной сети доступа могут быть использованы Bluetooth, беспроводная локальная сеть IEEE 802.11, стандарты беспроводной связи 3G (универсальная мобильная телекоммуникационная система и высокоскоростная пакетная передача данных) и стандарты беспроводной связи 4G (стандарт LTE и телекоммуникационная технология WiMAX).

Разработчик должен указать протоколы, используемые на более высоких уровнях модели OSI, в частности на сетевом и транспортном уровнях.

### 7.2.4 Хранение данных

Сенсорный узел может иметь хранилище для хранения своих исходных/обработанных сенсорных данных в течение некоторого периода времени. Это целесообразно для поиска «тенденций» в собран-

ных данных или для использования алгоритмами обработки данных, в которых требуются измерения датчиков за определенный период.

Хранение данных осуществляется и в других сущностях сенсорной сети, например в архивной базе событий, поддерживаемой поставщиками служб. Данный вопрос выходит за рамки положений настоящего стандарта.

#### 7.2.5 Драйверы аппаратного обеспечения

Драйверы устройств используются в компьютерной системе для обеспечения связи между компьютером и подключенными к нему устройствами.

Драйверы используются в сенсорных узлах, чтобы сенсорный узел мог работать с датчиками и управлять исполнительными устройствами. Драйверы работают совместно с процессором на сенсорном узле.

#### 7.2.6 Идентификация датчика/исполнительного устройства

Наличие и типы датчиков и исполнительных устройств в сенсорном узле указываются в ЭТДП, определенных в *ГОСТ Р 56947*. ЭТДП содержит информацию об идентификации датчика или исполнительного устройства, физических единицах (например, градусы Цельсия при измерении температуры), диапазоне измерения, калибровке и местоположении, указанной пользователем информации, производственной информации и т. д. В случае применения мобильного датчика/исполнительного устройства местоположение может обновляться с помощью функции самолокализации, например системы глобального позиционирования. ЭТДП является средством самоидентификации и самоописания датчиков и исполнительных устройств, а также самоконфигурирования сенсорных систем. Это упрощает полевую установку, модернизацию и обслуживание датчиков и исполнительных устройств в системах, что обеспечивает использование датчиков с технологией «plug and play» («включи и играй»).

### 7.3 Уровень служб

#### 7.3.1 Общие положения

Функциональные возможности, указанные в настоящем подразделе, распределены по многим физическим сущностям сенсорной сети, включая сенсорные узлы, поставщиков служб и пользователей. Как правило, в сенсорной сети доступно множество служб, которые используются различными приложениями сенсорной сети.

#### 7.3.2 Общие службы

7.3.2.1 Общие положения

Службы, описанные в данном подразделе, являются общими, т. к. они поддерживают множество приложений сенсорных узлов.

7.3.2.2 Функции поддержки связи

Связь и взаимодействие в сети требуют наличия функций поддержки на разных уровнях стека протоколов. Например, на уровне PHY существует необходимость в кодировании с исправлением ошибок. На сетевом уровне должна быть обеспечена маршрутизация, которая может иметь большой объем вычислений в беспроводных сенсорных сетях ad-hoc и ячеистых сенсорных сетях. Формирование сети является еще одной функцией поддержки связи на сетевом уровне, через которую в беспроводных сенсорных сетях ad-hoc и ячеистых сенсорных сетях сенсорный узел обнаруживает соседей для взаимодействия.

7.3.2.3 Самолокализация

Сенсорные данные являются более значимыми, если они имеют отметку времени (см. 7.3.2.7) и места получения. Дорогостоящие сенсорные узлы могут иметь встроенный приемник ГНСС, что обеспечивает информацию о местоположении и времени от спутников. Одними из наиболее распространенных ГНСС являются GPS и ГЛОНАСС. Однако ГНСС работает только в случае, если приемник находится в зоне прямой видимости как минимум четырех спутников ГНСС. Следовательно, ГНСС обеспечивает возможность локализации при расположении сенсорных узлов вне помещения и не в плотной городской застройке. Другим недостатком ГНСС является высокое энергопотребление, что делает данные способы непригодными для большинства сенсорных узлов, которые должны работать от аккумулятора в течение длительного времени.

В настоящее время развиваются другие методы самолокализации, могут быть использованы радиочастотные методы (времяпролетная технология, технология угла пролета, технология уровня принимаемого сигнала и радиочастотная идентификация, инерциальные измерительные блоки, магни-

тометры, высотомеры, доплеровский радар и другие датчики, которые можно использовать для локализации в помещениях. Объединение различных выходных сигналов датчиков для получения точной оценки местоположения сенсорного узла представляет собой задачу слияния данных, которая также является предметом активных исследований.

Существуют методы совместной локализации, которые совместно определяют местоположения всех сенсорных узлов в сети в отличие от независимого определения местоположения каждого узла. Такие методы являются более точными, так как используются простые геометрические факты, например неравенство треугольника. Существуют централизованные и распределенные алгоритмы совместной локализации.

7.3.2.4 Обнаружение службы/ресурса

Для определения доступных служб сенсорной сети используются протоколы обнаружения служб (SDP). К SDP относятся сетевая архитектура Jini, протокол обнаружения сервисов, простой протокол обнаружения сервисов и LBS, использующий данные о локации. Примером LBS является служба определения незанятого места парковки.

7.3.2.5 Управление данными

Управление данными касается совместного использования сенсорных данных различными службами сенсорных сетей, синхронизации таких данных, слияния и обработки данных. Управление данными включает в себя управление базами данных, связанные с архивированием данных сенсорной сети для будущего использования.

7.3.2.6 Управление кодом

Управление кодом — это процесс управления изменениями в документах, программах и другой информации, хранящейся в компьютерных файлах в информационной системе. Управление кодом называется также контролем версий, контролем изменений или конфигурационным управлением (SCM). В контексте сенсорных сетей программы могут быть кодом алгоритмов обработки сенсорных данных. Алгоритмам может потребоваться доступ к архивным сенсорным данным, топографической информации и другим типам информации, которые должны периодически обновляться. По мере появления нового кода или файлов данных они должны быть переданы всем сущностям, которые запускают код или используют данные. Использование различными сущностями разных версий фрагмента кода может привести к непредвиденным последствиям в сенсорной сети и ее службах.

7.3.2.7 Синхронизация времени

Ряд функций сенсорной сети требует наличия служб времени. Сенсорные данные являются более значимыми при наличии временной отметки. Наличие временных данных обуславливает синхронизацию времени между сенсорными узлами. Синхронизация может потребоваться для передачи данных, когда на уровне PHY стека протоколов используются схемы когерентной модуляции. Одним из способов получения службы времени является использование ГНСС.

Для точной синхронизации времени сенсорных узлов может быть использован протокол точного времени (см. [*2*], [*3*]).

7.3.2.8 Управление группами/кластеризация

В определенных случаях целесообразно разделить узлы в сенсорной сети на несколько групп, называемых кластерами. Например, это целесообразно сделать, когда сенсорная сеть состоит из множества сенсорных узлов, распределенных по большой географической области, и существуют отдельные группы из узлов, находящихся в непосредственной близости друг от друга. Поскольку в исходных данных таких узлов существует высокая степень корреляции, то может быть выбран один член группы в качестве головного узла. Задача головного узла состоит в том, чтобы собирать исходные данные из узлов кластера, обрабатывать эти данные и передавать краткую сводную информацию другим головным узлам или сущностям сенсорной сети. Сводная информация может включать в себя статистические данные (среднее, дисперсия, медиана, *x*-процентиль, минимум, максимум). Это уменьшает нагрузку на передачу данных. Как правило, обмен данными внутри кластера в беспроводной сенсорной сети прост и не требует маршрутизации, поскольку головной узел может взаимодействовать напрямую со всеми узлами в кластере. Существует ограничение размера кластера, его радиус не должен превышать радиус радиосвязи сенсорных узлов.

Головные узлы из различных кластеров обмениваются данными друг с другом и с другими сущностями сети, такими как поставщики служб и пользователи. Обмен данными может проводиться через шлюзы, сети доступа или магистральную сеть. Диапазон для связи между кластерами больше, чем для связи внутри кластера. Головной узел может быть равнозначным с другими узлами в кластере или быть специальным, более мощным узлом. В первом случае головной узел должен использовать более

высокие мощности передачи для связи с другими головными узлами или сущностями сенсорной сети, что осуществляется с помощью управления мощностью передачи. Во втором случае головной узел может иметь более мощную радиосвязь, которая позволяет ему связываться на расстояниях, больших по сравнению с обычными сенсорными узлами.

Управление группами/кластеризация относится к формированию и обслуживанию кластеров. Кластеризация может проводиться исходя из того, какие сенсорные узлы имеют коррелированные данные, а также исходя из уровня потребления энергии для максимизации времени жизни сенсорной сети. Если сенсорные узлы или головные узлы перестают работать по каким-либо причинам (разрядка аккумулятора или выход из зоны действия из-за мобильности сенсорных узлов), необходимо предпринять некоторые шаги для восстановления кластеров и, возможно, формирования новых.

#### 7.3.3 Службы доменов

Службы доменов поддерживают разработку приложений для определенных сегментов рынка или областей применения. Например, потребности защищенности различных приложений могут различаться в зависимости от правовых, культурных, организационных и этических вопросов применения. Это влияет на обработку и защиту данных и информации, связанных с применением. Также могут быть определенные типы обработки данных и представления данных, требуемые конкретной областью применения.

Примеры приложений, связанных с логистикой и защищенностью, показаны на рисунке 2. Примеры не являются исчерпывающим списком. Логистический домен занимается отслеживанием местоположения определенных объектов, классификации объектов и их количества, например в системе управления цепочками поставок. Одним из важных приложений в области безопасности является обнаружение вторжений, например в системе охранной сигнализации с несколькими датчиками.

### 7.4 Уровень приложений

#### 7.4.1 Общие положения

Функциональные возможности, описанные в настоящем подразделе, распределены по многим физическим сущностям в сенсорной сети, включая сенсорные узлы, поставщиков служб и пользователей. Каждое приложение сенсорной сети использует ряд служб, предоставляемых уровнем служб (см. 7.3).

#### 7.4.2 Приложения

Приложение сенсорной сети выполняет операции добавления значений к исходным или обработанным сенсорным данным в соответствии с потребностями пользователя и предоставляет конечный результат операций в качестве службы для пользователя. Примерами могут служить приложения для областей обслуживания, таких как здравоохранение, интеллектуальные транспортные системы, мониторинг окружающей среды, военное дело, логистика и управление цепочками поставок, а также энергетика и коммунальные услуги, такие как системы интеллектуальных энергосетей.

Модель приложения сенсорной сети должна указывать доступные типы датчиков, точность каждого типа датчика, алгоритмы обработки доступных исходных или обработанных сенсорных данных (с учетом возможности потери пакетов в каналах связи) и преобразования их в высокоуровневую информацию в соответствии с требованиями пользователя.

#### 7.4.3 Программный агент

Программный агент — это фрагмент кода, который действует от имени приложения сенсорной сети или пользователя с определенной степенью автономности. Обычно программный агент выполняет работу по высокоуровневому описанию того, что должно быть сделано приложением или пользователем, без подробных инструкций. Существуют различные типы программных агентов, в том числе интеллектуальные агенты, которые демонстрируют некоторые аспекты обучения и рассуждения, автономные агенты, которые способны изменять способы достижения своих целей, распределенные агенты, которые выполняются на физически различных машинах, и мобильные агенты, которые могут переносить свое выполнение на разные процессоры.

#### 7.4.4 Процессор правил

Процессор правил — это программная система или механизм для выполнения одного или нескольких бизнес-правил в рабочей среде во время выполнения. Бизнес-правила могут исходить из правовых норм, политики компании или других источников. Это простые бизнес-ориентированные ут-

верждения, которые кодируют бизнес-решения какого-либо рода и часто формулируются в условной форме «Если..., то...». Например, в контексте приложений сенсорной сети для области коммунальных услуг бизнес-правила определяют размер платы за электроэнергию с потребителей исходя из модели спроса и предложений множества датчиков. Другим примером является бизнес-правило в контексте конфиденциальности данных, которое требует шифрования идентификаторов мобильных пользователей в определенных LBS. Приложения LBS могут иметь доступ к местоположениям мобильных пользователей в определенных местах, таких как торговая выставка, но не идентифицировать пользователей.

#### 7.4.5 Совместная обработка информации

Сенсорная сеть работает централизованно или распределенно. При централизованной работе исходные или обработанные данные со всех сенсорных узлов передаются в центральную сущность, которая обрабатывает данные и получает из них информацию высокого уровня об окружающей среде. Информация может иметь форму решения о каком-то явлении, например наличие или отсутствие враждебных сил (см. 7.2.2). Такая форма называется задачей обнаружения или проверки гипотезы. Информация может иметь форму оценки некоторого непрерывного случайного объекта, такого как температура воды в некотором регионе океана. Такая форма называется задачей оценки. Указанный процесс называется слиянием данных независимо от того, используются ли датчики одного типа или разных типов, например акустические, сейсмические и оптические. При централизованной работе слияние данных происходит в центральной сущности.

При распределенной работе отсутствует центральная сущность, которая получает и обрабатывает данные. Сенсорные узлы обмениваются информацией с соседними сенсорными узлами, выполняют некоторое слияние данных, и этот цикл повторяется несколько раз до схождения решений/оценок. Такой метод называется совместной обработкой информации. Каждый сенсорный узел может иметь окончательное решение/оценку или, по меньшей мере, некоторую высокоуровневую информацию о своем окружении на основе собственных измерений и измерений других сенсорных узлов.

Более простым является проектирование сенсорной сети с централизованной работой, но при этом повышается нагрузка на передачу данных, и сеть будет иметь единую точку отказа. При отказе центральной сущности обработки вся сеть выходит из строя. Проектирование сенсорной сети с распределенной работой является более сложным. Это обусловлено сложностью решения, какой информацией будут обмениваться соседние узлы и как будет проводиться обработка данных, чтобы решения/оценки были такими же эффективными, как при централизованной работе. Однако при выходе сенсорных узлов или других сущностей из строя сенсорная сеть не выйдет из строя целиком. Существуют гибридные конструкции, в которых все данные, создаваемые сенсорными узлами в пределах географической области или кластера, отправляются на головной узел и там объединяются, а затем головные узлы дополнительно обрабатывают свои данные распределенным способом.

Функции и операции центрального и распределенного режимов могут быть реализованы не только на уровне приложений, но также на уровне базовых функций или уровне служб.

### 7.5 Межуровневое управление

#### 7.5.1 Общие положения

В сенсорной сети существуют функции, которые распределены по различным функциональным уровням (см. рисунок 2). Межуровневое управление относится к управлению такими функциями.

#### 7.5.2 Управление устройствами

Данная сущность управляет устройствами сенсорной сети, в первую очередь сенсорными узлами и шлюзами. Одним из наиболее важных ресурсов, которым нужно управлять в сенсорном узле с аккумуляторным питанием, является заряд аккумулятора. Сенсорный узел может иметь механизм сна, при котором большую часть времени узел переходит в спящий режим и «просыпается», чтобы воспринимать окружающую среду, обрабатывать исходные сенсорные данные и передавать их какой-либо другой сущности. Альтернативным способом является постоянное включение менее энергоемкого датчика для обнаружения интересующих событий и включение более эффективных датчиков для более точного восприятия окружающей среды и измерения характеристик события. Более эффективные датчики переходят в спящий режим после окончания события, менее энергоемкий датчик остается включенным. Указанный подход может применяться по отношению к радиоприемнику в беспроводном сенсорном узле, поскольку радиоприемник потребляет в режиме ожидания почти столько же энергии, сколько в режимах передачи и приема. Может существовать простой радиоприемник, который непрерывно контролирует эфир и ищет сообщения «запрос на отправку» от других устройств. При обнаружении такого

сообщения простой радиоприемник отправляет сообщение «готовность к приему» и активируется более мощный радиоприемник, который будет принимать сообщение от передающего устройства.

Управление устройствами на сенсорном узле регулирует скорость восприятия окружающей среды датчиками и управляет другими сущностями в сенсорном узле, например обработкой данных. С точки зрения энергопотребления иногда дешевле обрабатывать исходные сенсорные данные в узле, а затем передавать обработанные данные другим сущностям. В других случаях это может быть наоборот. Все зависит от количества энергии, необходимого для каждого варианта.

Управление устройствами регулирует мощность радиопередачи, как это осуществляется в сотовых телефонах. Сенсорный узел, обменивающийся данными с близко расположенным сенсорным узлом или другим устройством, должен снизить мощность передачи до уровня, достаточного для передачи. Это снижает энергопотребление в передающем сенсорном узле, а также радиочастотные помехи для других радиоканалов.

В случае мобильных сенсорных узлов управление устройствами контролирует перемещения узла. Некоторые движения являются автономными в том смысле, что узел самостоятельно определяет свои перемещения. Другие перемещения выполняются другими сущностями сенсорной сети, такими как сущность управления ресурсами (см. 7.5.3).

Управление устройствами включает в себя шлюзы. Шлюз действует как транслятор. Он способен соединяться с сенсорными узлами по одному набору протоколов и с сетями доступа или магистральной сетью по другому набору протоколов. Шлюз должен быть способен устанавливать связь с сенсорным узлом по любому из протоколов, которые он поддерживает для такой связи. Шлюз может не иметь информацию о протоколе сенсорного узла, сенсорный узел может перемещаться за пределы дальности связи шлюза, а новые сенсорные узлы, возможно из другой сенсорной сети, могут перемещаться вблизи шлюза и использовать его для связи с другими сетями (см. 7.3). Шлюз должен быть способен обрабатывать все эти ситуации.

### 7.5.3 Управление ресурсами

Управление ресурсами представляет собой управление множеством физических и функциональных сущностей сенсорной сети и других дополнительных сущностей, а не только одного устройства, как в случае управления устройствами. При управлении должно учитываться взаимодействие между сущностями. Например, управление ресурсами всей сенсорной сети может принять решение о снижении активности датчиков в определенных географических областях, охватываемых сенсорной сетью, и об увеличении активности в других областях. Такое решение может быть результатом изучения высокоуровневой информации после слияния сенсорных данных и совместной обработки информации, которая указывает, что определенные области представляют меньший/больший интерес. Решение о снижении активности может быть связано с перегрузкой в проводных или беспроводных каналах передачи данных или ухудшением радиоканалов, что вынуждает контролировать объем данных, которые генерируют и передают определенные сенсорные узлы. В сенсорных узлах проводится настройка скорости восприятия окружающей среды или передачи данных.

Другой аспект управления ресурсами заключается в том, чтобы максимально продлить срок службы сенсорной сети. Сенсорные узлы с критически низким зарядом аккумулятора должны уменьшить число действий или даже перейти в режим гибернации, пока их аккумуляторы не будут заряжены в результате зарядки аккумулятора или другими способами накопления энергии. Это может потребовать перемещения мобильных сенсорных узлов в области, где сенсорные узлы в ближайшее время перестанут работать. При наличии мобильных сенсорных узлов управление ресурсами может обеспечить перемещение узлов в области, ранее не контролируемой сенсорной сетью. Решение о перемещении может также зависеть от измерений датчика и быть управляемым данными.

Сущность управления ресурсами имеет полное представление о сенсорной сети и часто выполняет межуровневую оптимизацию для принятия решений о распределении и управлении ресурсами.

### 7.5.4 Управление службами

Данная сущность проводит регистрацию служб, описание служб, анализ служб и поддерживает очередь обработки служб.

### 7.5.5 Управление сетями

Данная сущность проводит управление связью внутри сенсорной сети и между сенсорной сетью, поставщиками служб и пользователями через шлюзы, сети доступа и магистральную сеть. Сети доступа и магистральная сеть имеют свои собственные сущности управления, но информация о состоянии этих сетей учитывается при управлении сенсорной сетью.

Сети включают в себя много аспектов, которыми необходимо управлять, например топологию, маршрутизацию, производительность и конфигурации. Управление топологией в сенсорной сети определяет, с какими сенсорными узлами взаимодействует данный сенсорный узел. Это особенно важно в беспроводных сенсорных сетях ad-hoc и ячеистых сенсорных сетях, поскольку снижается сложность маршрутизации сообщений. Один из подходов к управлению топологией заключается в создании магистрали по сенсорной сети. Магистраль обычно имеет древовидную структуру, что означает, что маршрут между любыми двумя узлами является уникальным, и, следовательно, маршрутизация становится очевидной. Однако сеть с древовидной структурой становится рассогласованной, если какая-либо ссылка не работает. Следовательно, необходимо рассмотреть другие топологии сети и ввести некоторую избыточность при выборе маршрутов между любой парой узлов.

Маршрутизация в беспроводных сенсорных сетях ad-hoc и ячеистых сенсорных сетях является более сложной, поскольку маршруты часто ломаются и необходимо искать другие маршруты. Существует множество протоколов маршрутизации для беспроводных сенсорных сетей ad-hoc и ячеистых сетей с мобильностью или без нее.

Управление производительностью является более сложным в сенсорной сети по сравнению с сетью связи, так как сенсорная сеть включает в себя не только передачу данных, но также обработку сигналов и извлечение информации. Передача данных является для сенсорной сети средством выполнения своей задачи. Первой задачей управления производительностью сенсорной сети является определение соответствующих показателей производительности и способа их измерения. Эта задача связана с мониторингом системы (см. 7.5.11). Второй задачей является проведение корректирующих действий для устранения обнаруженных проблем и ухудшения производительности сенсорной сети.

Управление конфигурацией является более общим случаем SCM (см. 7.3.2.6). Управление конфигурацией относится к изменению поведения сенсорных узлов и других субъектов, таких как шлюзы, для достижения определенных целей сети.

### 7.5.6 Управление защищенностью

Защищенность имеет первостепенное значение в сенсорных сетях, так же как в сетях связи. Защищенность становится еще более важной в сенсорной сети с возможностями исполнения действий, как и в любой промышленной системе управления. Любое упущение в защищенности, которое даст возможность контроля над исполнительными устройствами неавторизованным пользователям, возможно, имеющим противоправные намерения, может иметь разрушительные последствия.

Управление защищенностью включает в себя аутентификацию, авторизацию, доступность и безопасность маршрутизации. Критически важно подтвердить подлинность сенсорных узлов, которым разрешено подключаться к сенсорной сети, и обеспечить, чтобы только авторизованные пользователи имели доступ к сенсорам и сенсорным данным через авторизованных поставщиков служб. Аутентификация пользователя является процессом ассоциирования человека с уникальной идентификацией пользователя. Для контроля доступа пользователей обычно используются пароли или более сложные формы многофакторной аутентификации пользователей. Сенсорный узел должен быть однозначно идентифицирован, прежде чем он может быть зарегистрирован в сенсорной сети.

Сенсорные сети чаще всего ограничены в ресурсах. Поэтому решения по защищенности должны быть облегченными, т. е. простыми в развертывании, имеющими минимальное ручное управление, насколько это возможно на основе существующих стандартов безопасности.

### 7.5.7 Управление приватностью

Данные в сенсорной сети могут включать в себя персональные данные. Например, смартфоны, оснащенные различными датчиками, могут быть использованы для мониторинга окружающей среды. Датчики на смартфонах измеряют различные физические характеристики и отправляют их в центральное приложение. Ни данные, которые они собирают, ни места, в которых они были собраны, не являются персональными. Существуют другие типы данных, которые подпадают под категорию персональных данных и приватность которых должна быть защищена.

*Вопросы защиты персональных данных выходят за рамки положений настоящего стандарта и являются объектом стандартизации профильных национальных технических комитетов.*

### 7.5.8 Управление безопасностью

Сенсорная сеть не должна ставить под угрозу безопасность людей или активов. Исполнительные устройства могут нанести вред людям или значительный ущерб активам. Сенсорная сеть содержит проблему безопасности при отсутствии обнаружения важных событий или ложных срабатываниях. При-

мером является ситуация, когда набор датчиков, контролирующих физиологическое здоровье пациента или пожарного, входящего в горящее здание, пропускает остановку сердца. Ложное срабатывание может вызвать реакцию, которая может иметь последствия для безопасности. Управление безопасностью критически важно в промышленных системах управления.

### 7.5.9 Управление бизнесом

Данная сущность включает в себя бизнес-аспекты сенсорной сети, например учет. Управление бизнесом отслеживает службы сенсорной сети, предоставляемые пользователю, и детали каждого использования, так что пользователю выставляется соответствующий счет. Управление бизнесом включает в себя ведение электронных записей.

### 7.5.10 Управление QoS

Понятие качества обслуживания может быть продемонстрировано на передаче изображений и видео. При передаче изображений пользователь может запросить определенное разрешение и глубину пикселя или определенный коэффициент качества, используемый схемой кодирования изображения, такой как JPEG. При передаче видеоизображения помимо разрешения и глубины пикселей и качества кодирования, пользователь может запрашивать определенную частоту кадров и сквозную задержку передачи. Пользователь может запросить максимизацию/минимизацию показателей QoS, например наилучшее качество изображения, независимо от времени получения такого изображения.

Обеспечение уровня QoS является простым в случае двухточечной связи по одной линии и общеизвестному каналу связи, но становится более сложным, когда связь осуществляется по сети. В случае связи по сети требование QoS должно быть сопоставлено с требованиями на различных уровнях стека протоколов для всех узлов, которые находятся на пути связи от источника к месту назначения. Предъявляются требования к уровню PHY (например, к скорости передачи и частоте битовых ошибок), уровню MAC (времени получения узлом доступа к каналу), транспортному уровню (например, к протоколу управления передачей и протоколу пользовательских датаграмм), уровню маршрутизации и прикладному уровню (качеству изображения/видеоизображения в точке сбора и коэффициенту сжатия). Это сложно сделать через проводную магистральную сеть. Это становится еще сложнее, когда путь включает в себя беспроводные линии связи, и это становится очень сложным в случаях беспроводных ячеистых и ad-hoc сетей. Обеспечение QoS через сеть остается активной областью исследований и разработок.

Сенсорные сети могут использовать изображения/видеокамеры, а также акустические и сейсмические датчики, датчики температуры, влажности, света, инфракрасного излучения и газа. Определение качества измерений, выполненных этими датчиками в точке сбора данных, является несложной задачей. Затем необходимо решить проблемы, связанные со связью по сети, которые были описаны ранее. В случае сенсорных сетей QoS определяется на уровне служб и уровне приложений. Например, в приложении мониторинга границы вдоль границы между двумя странами установлено много типов датчиков. Пользователю не важно, какие данные поступают с камер видеонаблюдения, акустических датчиков и сейсмических датчиков. Для пользователя важно иметь гарантии того, что вероятность обнаружения нарушения границ злоумышленником выше определенного уровня, в то время как вероятность ложной тревоги сохраняется ниже некоторого другого уровня. Таким образом, QoS зависит не только от сбора и обмена данными, но и от обработки данных. Следовательно, существует необходимость в дополнительном этапе для сопоставления требований QoS на уровне приложения с требованиями на уровне служб, а затем с требованиями алгоритмов обработки к качеству данных датчика. Это легче сделать в случае централизованной обработки данных, чем при использовании распределенного алгоритма для обработки измерений датчика.

Еще одним аспектом управления QoS является зона покрытия сенсорной сети. В случае мобильных датчиков пользователь может изменять зону покрытия сенсорной сети и сосредоточиться на другой области мониторинга.

Понятие QoS в сенсорных сетях включает в себя большее число аспектов по сравнению с QoS в связи и сетях.

### 7.5.11 Мониторинг системы

Мониторинг системы — это отслеживание функционирования сущностей сенсорной сети в реальном времени. Целью мониторинга является обнаружение сбоев в сети. Это требует наличия датчиков для обнаружения сбоев в сущностях. Другим способом обнаружения сбоев является логический вывод. Например, если показания датчика температуры являются необычными в данное время для определенного места или одинаковыми в течение длительного периода времени, тогда агент мониторинга сделает вывод, что датчик вышел из строя. В ответ на отказы компонентов предпринимаются корректирующие действия в максимально возможной степени.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного национального стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта |
|---|---|---|
| ГОСТ Р 56947—2016/ISO/IEC/IEEE 21450:2010 | IDT | ISO/IEC/IEEE 21450:2010 «Информационные технологии. Интерфейс интеллектуального преобразователя для датчиков и исполнительных устройств. Общие функции, протоколы взаимодействия и форматы электронной таблицы данных преобразователя (ЭТДП)» |
| Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:<br>- IDT — идентичный стандарт. | | |

## Библиография

[1] ISO/IEC 29182-2:2013 Information technology — Sensor networks: Sensor Network Reference Architecture (SNRA) — Part 2: Vocabulary and terminology [Информационные технологии. Сенсорные сети. Эталонная архитектура для сенсорных сетей (SNRA). Часть 2. Словарь и терминология]

[2] IEC 61588:2009(E), Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems (Протокол точной тактовой синхронизации для сетевых систем измерения и управления)

[3] IEEE 1588—2008 Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems (Стандарт для протокола точной тактовой синхронизации для сетевых систем измерения и управления)

УДК 004.738:006.354 ОКС 35.110

Ключевые слова: информационные технологии, сенсорные сети, типовая архитектура сенсорных сетей, модели сущностей

**БЗ 9—2020**

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 29.07.2020. Подписано в печать 06.08.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru