ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО/МЭК 24730-5— 2014

Информационные технологии

СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ (RTLS)

Часть 5

Радиоинтерфейс расширения спектра методом линейной частотной модуляции (CSS) для связи на частоте 2,4 ГГц

ISO/IEC 24730-5:2010
Information technology – Real-time locating systems (RTLS) – Part 5: Chirp spread spectrum (CSS) at 2,4 GHz air interface (IDT))

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Научно-исследовательским и испытательным центром биометрической техники Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (НИИЦ БТ МГТУ им. Н. Э. Баумана) и Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр «Симплематика» (ООО «НТЦ «Симплематика») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4, при консультативной поддержке Ассоциации автоматической идентификации «ЮНИСКАН/ГС1 РУС» и Общества с ограниченной ответственностью «РТЛС»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 355 «Технологии автоматической идентификации и сбора данных»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 ноября 2014 г. № 1572-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО/МЭК 24730-5:2010 «Информационные технологии. Системы позиционирования в реальном времени (RTLS). Часть 5. Радиоинтерфейс расширения спектра методом линейной частотной модуляции (CSS) для связи на частоте 2,4 ГГц» (ISO/IEC 24730-5:2010 «Information technology – Real-time locating systems (RTLS) – Part 5: Chirp spread spectrum (CSS) at 2,4 GHz air interface»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 Следует обратить внимание на то, что некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектами получения 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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0–2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2015

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 ... 2
4 Обозначения и сокращения ... 3
5 Общие положения ... 5
5.1 Составные части ... 5
5.2 Назначение ... 5
5.3 Положения, не регламентированные настоящим стандартом ... 6
5.4 Система ... 6
5.5 Структура документа ... 6
6 Общие требования ... 6
6.1 Полоса частот ... 6
6.2 Требования к радиоинтерфейсу расширения спектра на частоте 2,4 ГГц ... 6
6.3 Требования обеспечения соответствия ... 7
6.4 Идентификатор изготовителя радиочастотной метки ... 7
6.5 Параметры физического уровня ... 7
7 Требования к физическому уровню ... 8
7.1 Модуляции ... 8
7.2. Скорость передачи данных ... 8
7.3. Двухточечная ортогональная ЛЧМ ... 8
7.4 DQPSK-CSS ... 13
8 Уровень управления доступом к среде передачи (уровень MAC) ... 23
8.1 Общие положения ... 23
8.2 Общий формат пакета ... 23
8.3 Типы пакетов ... 23
8.4 Форматы кадров управления доступом к среде передачи (кадры MAC) ... 23
8.5 Временные параметры уровня MAC ... 25
9 Спецификация прикладного уровня метки ... 30
9.1 Общие положения ... 30
9.2 Состояния метки ... 32
9.3 Команды метки ... 35
9.4 Форматы пакетов метки ... 42
9.5 Обмен пакетами измерения расстояния ... 49
9.6 Временные параметры ... 53
9.7 Профиль по умолчанию ... 53
9.8 Обработка ошибок ... 54
Приложение А (справочное) Допуски временной сетки при двунаправленном измерении расстояния ... 55
Приложение В (справочное) Совместимость ... 57
Приложение С (справочное) Определение места нахождения метки из значений расстояния ... 59
Приложение D (справочное) Место нахождения и роуминг меток ... 60
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации ... 61
Библиография ... 62

Введение

Комплекс стандартов ИСО/МЭК 24730 (далее – ИСО/МЭК 24730) имеет общий заголовок «Информационные технологии. Системы позиционирования в реальном времени (RTLS)» и включает в себя следующие части:

– Часть 1: Прикладной программный интерфейс (API);

– Часть 2: Протокол радиоинтерфейса для связи на частоте 2,4 ГГц с использованием расширения спектра методом прямой последовательности (DSSS);

– Часть 21: Протокол радиоинтерфейса для связи на частоте 2,4 ГГц с использованием расширения спектра методом прямой последовательности (DSSS): Передатчики системы RTLS, работающие с одним расширяющим кодом и использующие кодирование данных DBPSK и схему расширения BPSK;

– Часть 22: Протокол радиоинтерфейса для связи на частоте 2,4 ГГц с использованием расширения спектра методом прямой последовательности (DSSS): Передатчики системы RTLS, работающие с несколькими кодами расширения спектра и использующие кодирование данных QPSK и схему расширения QPSK со смещением функции Уолша (WOQPSK).

– Часть 5: Радиоинтерфейс расширения спектра методом линейной частотной модуляции (CSS) для связи на частоте 2,4 ГГц;

Настоящий стандарт определяет протокол радиоинтерфейса, в котором используется расширение спектра методом линейной частотной модуляции (ЛЧМ). Импульсы с ЛЧМ имеют монотонно возрастающую или убывающую частоту. Изначально они применялись в области радиолокации. В настоящее время стали разрабатываться стандарты и системы с использованием импульсов с ЛЧМ для приложений связи. В настоящем стандарте описаны измерение расстояния и двусторонняя связь между метками и инфраструктурой. Двусторонняя связь позволяет инфраструктуре своевременно управлять поведением меток.

Дополнительные пояснения к тексту стандарта приведены в сносках и выделены курсивом.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Информационные технологии

СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ (RTLS)

Часть 5

Радиоинтерфейс расширения спектра методом линейной частотной модуляции (CSS) для связи на частоте 2,4 ГГц

Information technology. Real-time locating systems (RTLS). Part 5. Chirp spread spectrum (CSS) at 2,4 GHz air interface

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Стандарты комплекса ИСО/МЭК 24730 определяют протокол радиоинтерфейса и прикладной программный интерфейс для систем позиционирования в реальном времени. Настоящий стандарт определяет протокол радиоинтерфейса, в котором используется расширение спектра методом линейной частотной модуляции в полосе частот от 2,4 ГГц до 2,483 ГГц. Данный протокол поддерживает двунаправленную связь и двустороннее измерение расстояния между метками и устройствами считывания системы RTLS. Обязательный режим работы обеспечивает совместимость между метками и инфраструктурой, поставляемыми различными изготовителями, а наличие различных опций предоставляет разработчику инфраструктуры гибкость, позволяющую адаптировать работу системы к нуждам конкретного потребителя.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие международные стандарты и документы, которые необходимо учитывать при применении настоящего стандарта (для датированных ссылок следует использовать только указанное издание, для недатированных ссылок – последнее издание указанного документа, включая любые поправки и изменения к нему):

ИСО/МЭК 15963 Информационные технологии. Радиочастотная идентификация для управления предметами. Уникальная идентификация радиочастотных меток (ISO/IEC 15963 Information technology – Radio frequency identification for item management – Unique identification for RF tags)

ИСО/МЭК 19762-1 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 1. Общие термины, связанные с автоматической идентификацией и сбором данных (ISO/IEC 19762-1 Information technology – Automatic identification and data capture (AIDC) techniques – Harmonized vocabulary – Part 1:General terms relating to AIDC)

ИСО/МЭК 19762-3 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 3. Радиочастотная идентификация (ISO/IEC 19762-3 Information technology – Automatic identification and data capture (AIDC) techniques – Harmonized vocabulary – Part 3: Radio frequency identification (RFID))

ИСО/МЭК 19762-4 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 4. Общие термины в области радиосвязи (ISO/IEC 19762-4 Information technology – Automatic identification and data capture (AIDC) techniques – Harmonized vocabulary – Part 4:General terms relating to radio communications)

ИСО/МЭК 19762-5 Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 5. Системы позиционирования в реальном времени (ISO/IEC 19762-5 Information technology – Automatic identification and data capture (AIDC) techniques – Harmonized vocabulary – Part 5: Locating systems)

ИСО/МЭК 24730-1 Информационные технологии. Системы позиционирования в реальном времени (RTLS). Часть 1. Прикладной программный интерфейс (API) (ISO/IEC 24730-1 Information technology – Real-time locating systems (RTLS) – Part 1: Application programming interface (API))

Издание официальное

Рекомендации по предельному воздействию неионизирующего излучения. Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений (МКЗНИР), Мюнхен 1999 (Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Munich, 1999)

МЭК 62369-1 ed1.0 Оценка воздействия на человека электромагнитных полей от устройств малого радиуса действия (SRD) различного назначения в полосе частот от 0 ГГц до 300 ГГц. Часть 1. Поля, излучаемые устройствами, используемыми в противокражных системах, системах радиочастотной идентификации и аналогичных системах (IEC 62369-1 ed1.0 Evaluation of human exposure to electromagnetic fields from short range devices (SRDs) in various applications over the frequency range 0 GHz to 300 GHz – Part 1:Fields produced by devices used for electronic article surveillance, radio frequency identification and similar systems)

ИИЭР С95.1-2005 Стандарт для уровней безопасности в отношении воздействия на людей радиочастотных электромагнитных полей от 3 кГц до 300 ГГц (IEEE Std C95.1-2005, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения в соответствии с ИСО/МЭК 19762-1, ИСО/МЭК 19762-2, ИСО/МЭК 19762-3, ИСО/МЭК 19762-4, ИСО/МЭК 19762-5, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **расширение спектра методом линейной частотной модуляции** (chirp spread spectrum): Способ расширения полосы частот дискретного сигнала с помощью сигналов с линейной частотной модуляцией.

3.2 **класс I** (Class I): Система, ЭИИМ которой не превышает 10 мВт.

3.3 **класс II** (Class II): Система, ЭИИМ которой превышает 10 мВт, но не превышает максимально допустимое значение, установленное национальным органом по управлению и использованию радиочастотного спектра.

3.4 **измерение расстояния** (ranging): Определение расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS при обмене специальным набором сообщений.

3.5 **опорный одноранговый узел** (ranging peer): Приемопередатчик системы RTLS, с помощью которого проводят измерение расстояния.

3.6 **радиочастотный канал** (RF channel): Полоса частот, предназначенная для радиосвязи и определяемая своей центральной частотой и шириной.

3.7 **метка RTLS** (RTLS tag): Приемопередатчик системы RTLS, который принимает команды от устройств считывания системы RTLS и посылает им сигналы и/или сообщения.

3.8 **передатчик системы RTLS** (RTLS transmitter): Часть приемопередатчика системы RTLS, которая способна передавать сообщения.

3.9 **демультиплексор** (demultiplexer): Устройство, которое восстанавливает в выходном сигнале каждый из сигналов, объединенных мультиплексором.

3.10 **среда передачи** (medium): Беспроводной канал.

3.11 **трилатерация** (trilateration): Метод определения относительного положения объектов по трем известным опорным точкам и измеренным расстояниям от объекта до каждой из опорных точек.

3.12 **чередование данных** (interleaving): Упорядочение данных для повышения эффективности защиты от ошибок.

3.13 **устройство чередования данных** (interleaver): Устройство для выполнения чередования данных.

3.14 **базовая полоса** (baseband): Полоса частот, занимаемая в результате агрегирования сигналов, используемых для модуляции несущей частоты, до их объединения с несущей частотой в процессе модуляции.

3.15 **ортогональный** (orthogonal): Нечто независимое (по отношению к чему-либо), что может быть использовано без учета влияния на что-либо иное.

3.16 **одноранговый узел связи X** (peer X): X-вый одноранговый узел связи в описании ситуации с множеством одноранговых узлов.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

Ack – подтверждение (Acknowledge);

ARQ – автоматический запрос повтора (Automatic Repeat Query);

BTS – временной интервал отсрочки передачи (Backoff Time Slot);

CIFS – время ожидания перед началом передачи (Carrier Sense Inter Frame Space);

CTS – готов к приему (Clear To Send);

ЦИК (CRC) – циклический избыточный код (Cyclic Redundancy Check);

CSMA/CA – множественный доступ с контролем несущей частоты и предотвращение коллизий (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance);

CSS – расширение спектра методом линейной частотной модуляции (Chirp Spread Spectrum);

dBr – дБ относительно мощности в опорной точке (Decibel Relative);

DEMUX – демультиплексер (Demultiplexer);

DQPSK – дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (Differential Quadrature Phase Shift Keying);

DQPSK-CSS – дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция поверх CSS (Differential Quadrature Phase Shift Keying over Chirp Spread Spectrum);

Dst – адрес назначения (Destination Address),

ЭИИМ (EIRP) – эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (Equivalent Isotropical Radiated Power);

LFSR – линейный сдвиговый регистр с обратной связью (Linear Feedback Shift Register),

МЗБ (LSB) – младший значащий бит (Least Significant Bit);

МСО – минимальная среднеквадратическая ошибка (Minimum Mean Square Error);

MAC – управление доступом к среде передачи (Medium Access Control);

NAV – вектор сетевого размещения (Network Allocation Vector);

PHR – заголовок на физическом уровне (PHY Header),

PHY – физический уровень (Physical Layer);

PPDU – протокольный блок данных на физическом уровне (PHY Protocol Data Unit);

PSDU – блок служебных данных на физическом уровне (PHY Service Data Unit);

QPSK – квадратурная фазовая манипуляция (Quadrature Phase Shift Keying);

RTS – запрос передачи (Request To Send);

система RTLS – система позиционирования в реальном времени (Real Time Locating System);

SFD – ограничитель начала кадра (Start Of Frame Delimiter);

SHR – заголовок синхронизации (Synchronization Header);

SIFS – короткий межкадровый промежуток (Short Inter Frame Space);

Src – адрес источника (Source Address);

TWR – двунаправленное измерение расстояния (Two Way Ranging),

SDS-TWR – симметричное двустороннее двунаправленное измерение расстояния (Symmetric Double Sided Two Way Ranging);

e – постоянная Эйлера;

j – мнимая единица;

$\tilde{s}^{M_0}(t)$ – представление в математической форме непрерывного по времени модулирующего двухточечного ортогонального сигнала с ЛЧМ;

$\tilde{r}^{M_0}(t)$ – реализация $\tilde{s}^{M_0}(t)$;

$\tilde{s}_m^{M_1}(t)$ – представление в математической форме непрерывного по времени модулирующего сигнала с DQPSK-CSS;

$\tilde{r}_m^{M_1}(t)$ – реализация $\tilde{s}_m^{M_1}(t)$;

m – настроечная постоянная, которая определяет, какой из четырех допустимых подсигналов с ЛЧМ используется;

M_0 – надстрочный индекс, указывающий на использование двухточечной ортогональной ЛЧМ;

M_1 – надстрочный индекс, указывающий на использование DQPSK-CSS;

k – индексная переменная;

n – индексная переменная;

b_n – передаваемый символ номер n;

$c_b(t)$ – непрерывный по времени модулирующий сигнал импульса b для двухточечной ортогональной ЛЧМ;

μ_0 – постоянная, определяющая частоту сигналов с ЛЧМ в случае двухточечной ортогональной ЛЧМ;

μ_1 – постоянная, определяющая частоту сигналов с ЛЧМ в случае DQPSK-CSS;

T_{base} – временная сетка;

T_{SBIFS} – время, разделяющее две блинк-подпосылки;

T_{Blink} – среднее время повторения блинк-посылки;

T_{Rand} – случайное значение времени;

T_{Rxon} – длительность временного интервала, в котором приемник метки включен;

$T_{Contact}$ – максимальное время ожидания получения меткой пакетов от инфраструктуры, если она присутствует;

$T_{TimeoutApplication}$ – длительность временного интервала, в течение которого приложение метки должно отвечать на некоторые запросы;

$T_{WaitAfterRange}$ – время нахождения в состоянии «Ожидание» (Wait state) после перехода из состояния «Измерение расстояния» (Range state);

T_0 – постоянная, определяющая длительность импульсов с ЛЧМ в случае двухточечной ортогональной ЛЧМ;

T_1 – длительность последовательности подсигнала с ЛЧМ;

T_{sub} – длительность подсигнала с ЛЧМ;

$T_{n,k,m}$ – временное расположение подсигнала с ЛЧМ номера k в последовательности подсигналов с ЛЧМ номера n;

$W_T(t)$ – приподнятое косинусоидальное окно длительностью T;

α – коэффициент сглаживания приподнятого косинусоидального окна;

A – переменная амплитуды, которую следует минимизировать для минимизации среднеквадратической ошибки;

τ_d – переменная временной задержки, которую следует минимизировать для минимизации среднеквадратической ошибки;

φ – фазовая переменная, которую следует минимизировать для минимизации среднеквадратической ошибки;

$d_{n,k}$ – информационный отчет подсигнала с ЛЧМ номера k в последовательности подсигналов с ЛЧМ номера n;

$S_m^{sub}(t)$ – представление в математической форме непрерывного по времени модулирующего подсигнала с ЛЧМ номера k в последовательности подсигналов с ЛЧМ типа m;

τ_m – постоянная, которая определяет временную паузу между предыдущей и текущей последовательностью подсигнала с ЛЧМ в случае последовательности подсигналов с ЛЧМ типа m;

$f_{k,m}$ – сдвиг центральной частоты подсигнала с ЛЧМ номера k в последовательности подсигналов с ЛЧМ типа m;

$\zeta_{k,m}$ – направление подсигнала с ЛЧМ номера k в последовательности подсигналов с ЛЧМ типа m;

$S_m^{seq}(t)$ – непрерывный сигнал базовой полосы последовательности подсигналов с ЛЧМ типа m.

5 Общие положения

5.1 Составные части

Основные составные части системы RTLS, а также взаимодействие между ними представлены на рисунке 1. Метки системы RTLS обмениваются сообщениями с инфраструктурой. Инфраструктура предоставляет прикладной программный интерфейс (Application Program Interface, API), с помощью которого приложение может управлять системой RTLS и получать информацию о месте нахождении и состоянии меток.

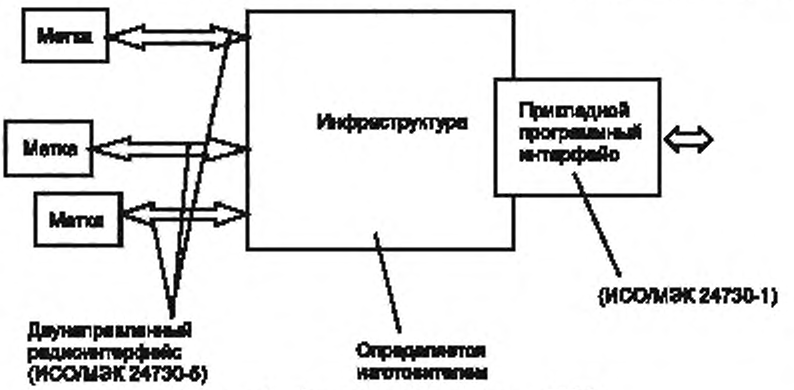


Рисунок 1 – Составные части системы RTLS

В соответствии с рисунком 1 метки обмениваются сообщениями с инфраструктурой по радиоинтерфейсу. Как правило, радиоинтерфейс определяется формами сигналов, форматами пакетов, а также командами и ответами, которыми метки и инфраструктура обмениваются между собой. На рисунке 2 показан многоуровневый подход к реализации радиоинтерфейса системы RTLS. Аналогичный подход применяется в других стандартах (например в ИСО/МЭК 18000-1 [1]).

<table>
<tr><td rowspan="3">Метка</td><td>Прикладной уровень метки</td><td rowspan="3">Инфраструктура</td></tr>
<tr><td>Уровень управления доступом к среде передачи (MAC)</td></tr>
<tr><td>Физический уровень</td></tr>
</table>

Рисунок 2 – Многоуровневая структура радиоинтерфейса

5.2 Назначение

Настоящий стандарт определяет протокол радиоинтерфейса, оптимизированный для систем RTLS мелкого масштаба с оборудованием, которое включает в себя простые, в том числе переносные устройства считывания системы RTLS. Несмотря на то, что сама инфраструктура не рассматривается в настоящем стандарте, предполагается, что протокол радиоинтерфейса имеет сильное влияние на реализацию инфраструктуры и соответствующей процедуры установки.

Основным условием для упрощения процедуры установки является наличие «автономных» узлов инфраструктуры. В настоящем стандарте «автономность» означает, что такие узлы не нуждаются в синхронизации с другими узлами инфраструктуры. После установки в определенном месте автономный узел начинает отвечать на запросы меток системы RTLS.

Соблюдение данного условия способствует двунаправленной связи и двустороннему измерению расстояния. Однако это усложняет реализацию меток с точки зрения физического уровня, но упрощает другие аспекты реализации, такие как необходимость использования специализированных интерфейсов для программирования и настройки меток. Для решения проблем, отражающих современное состояние дел в области связи, в настоящий стандарт включены разделы, соответствующие стандарту ИИЭР[1] 802.15.4a [5], который является пересмотром стандарта ИИЭР 802.15.4 [4], успешно применяемому в беспроводных системах малой мощности с низкой скоростью передачи данных.

[1] *ИИЭР – обозначение стандарта Института инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, английское произношение «Eye-triple-E», русское произношение «Ай-трипл-И»). IEEE является профессиональной ассоциацией, специализирующейся на продвижении технологических инноваций и достижений для общественного блага.*

5.3 Положения, не регламентированные настоящим стандартом

Схема инфраструктуры должна быть представлена по усмотрению разработчиков, например, плотность размещения узлов считывания системы RTLS, порядок управления и взаимодействия устройств считывания системы RTLS, процесс настройки инфраструктуры могут отличаться в различных сценариях применения и в системах различных разработчиков. При типовых применениях систем RTLS, по меньшей мере, три устройства считывания системы RTLS обмениваются сообщениями с каждой меткой с целью измерения времени распространения радиосигнала для позиционирования метки. Подробности о данном аспекте приведены в разделе 9 настоящего стандарта.

5.4 Система

При включении питания метки используют профиль по умолчанию, при котором они периодически излучают специальные сигналы, называемые блинк-сигналами. В состав данной передачи включен физический адрес метки, поддерживаемые режимы работы, а также информация о том, когда метка будет готова принимать команды от инфраструктуры.

Инфраструктура принимает решение, отправлять ли команды метке в то время, когда она прослушивает эфир. Отправляя команду метке, инфраструктура управляет устройствами считывания системы RTLS, являющимися частью инфраструктуры, с которой метки осуществляют процедуру измерения расстояния. Кроме того, инфраструктура может адаптировать работу меток применительно к текущим условиям, например, числу меток, находящихся в пределах дальности действия, количеству доступных узлов инфраструктуры и т. д. Инфраструктура может отправить метке команду на изменение режима радиосвязи (полосы, центральной частоты, скорости передачи данных) в соответствии с текущими условиями или на осуществление процедуры измерения расстояния с определенным набором устройств считывания системы RTLS.

Когда метка предполагает, что связь с инфраструктурой утеряна, например если, она не получила команд от инфраструктуры по происшествии некоторого времени, то она автоматически переходит в режим работы по умолчанию. Подробное описание системы приведено в приложении D.

5.5 Структура документа

Порядок изложения настоящего стандарта соответствует вышеуказанной «многоуровневой структуре». Это означает, что за разделом «Общие требования» приведены три отдельных раздела, устанавливающие требования к трем соответствующим уровням протокола радиоинтерфейса: физическому уровню (Physical Layer [PHY]), уровню управления доступом к среде передачи (Media Access Control [MAC]) и прикладному уровню метки. Дополнительная информация для пользователей настоящего стандарта приведена в приложениях.

6 Общие требования

6.1 Полоса частот

В настоящем стандарте установлены требования к системам RTLS, работающим в полосе частот от 2,400 ГГц до 2,483 ГГц[1].

6.2 Требования к радиоинтерфейсу расширения спектра на частоте 2,4 ГГц

Минимальные требования:

– приемопередатчики системы RTLS должны автономно формировать радиосигнал с ЛЧМ с сообщением о времени включения приемника;

– приемопередатчики системы RTLS должны выполнять двустороннее измерение расстояния, когда приемник находится в активном состоянии;

– приемопередатчики системы RTLS должны полностью соответствовать местным правилам использования радиочастотного спектра;

– ЭИИМ передатчиков системы RTLS класса I не должны превышать 10 мВт;

– ЭИИМ передатчиков системы RTLS класса II не должны превышать 100 мВт или максимально допустимого значения, установленного национальным органом по управлению и использованию радиочастотного спектра.

[1] *В Российской Федерации на момент публикации настоящего стандарта, согласно решению Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ), была выделена полоса частот от 2,4000 ГГц до 2,4835 ГГц.*

6.3 Требования обеспечения соответствия

Для обеспечения соответствия настоящему стандарту системы RTLS должны также удовлетворять требованиям ИСО/МЭК 24730-1.

Изготовители устройств, заявляющие о соответствии настоящему стандарту, должны самостоятельно подтвердить, что радиочастотные излучения не превышают максимально допустимые уровни излучения в соответствии с ИИЭР С95.1:2005, МКЗНИР или МЭК 62369-1. Если изготовитель не уверен в выборе документа, то он должен произвести самостоятельное измерение для подтверждения соответствия с учетом предельных значений, установленных рекомендациями МКЗНИР.

6.4 Идентификатор изготовителя радиочастотной метки

Идентификатор изготовителя радиочастотной метки идентифицирует конкретного изготовителя и состоит из 16 битов. Изготовитель может иметь более одного идентификатора. Формат кадра, используемый в рамках настоящего стандарта, устанавливает наличие MAC-адреса длиной не менее 48 битов для каждого устройства. Первые 16 битов MAC-адреса идентифицируют изготовителя радиочастотной метки и должны быть присвоены согласно приложению E[1] ИСО/МЭК 15963 с кодом категории 0000 0000.

6.5 Параметры физического уровня

В настоящем стандарте применяются параметры линии связи, приведенные в таблице 1. Ссылка на данные параметры осуществляется по их наименованиям. Данные рабочие параметры определены для диапазона рабочих температур: от –30 °С до +50 °С.

Таблица 1 – Параметры линии связи с использованием ЛЧМ на частоте 2,4 ГГц

Наименование параметра	Описание
Полоса рабочих частот	2400 МГц – 2483,50 МГц
Точность рабочей частоты	± 70 ppm (двухточечная ортогональная ЛЧМ) ± 40 ppm (DQPSK-CSS)
Максимальный фазовый шум	-85 дБн/Гц @ 1 МГц
Ширина полосы частот канала Занятая полоса частот (20дБ)	80 МГц (значение по умолчанию) 22 МГц (настроечная опция)
Комбинации центральной частоты и ширины полосы частот	В соответствии с таблицей 2 и 6
Временная сетка T_{base}	31,25нс
Точность временной сетки	± 40 миллионных долей (ppm)
Мощность излучения при передаче	Класс 1: 10 дБм ЭИИМ (эквивалентная изотропно-излучаемая мощность) максимальное значение. Класс 2: Максимальное значение в соответствии с национальными нормативными документами
Спектральная маска передатчика	В соответствии с таблицей 3 и рисунком 13
Внеполосное паразитное излучение	Устройство должно соответствовать требованиям по паразитным излучениям, установленным органом регулирования радиочастотного спектра страны, на территории которой оно применяется
Модуляция	Двухточечная ортогональная ЛЧМ DQPSK-CSS
Скорость передачи данных	1 Мбит/с 250 кбит/с
Скорость передачи символов	10^6 символов/с 250000 символов/с 166667 символов/с (при использовании DQPSK-CSS)

[1] *В оригинале ИСО/МЭК 24730-5:2010 ошибочно приведена ссылка на приложение D ИСО/МЭК 15963, следует использовать ссылку на приложение E.*

7 Требования к физическому уровню

7.1 Модуляции

Физический уровень должен содержать две модуляции (двухточечную ортогональную ЛЧМ и дифференциальную квадратурную фазовую манипуляцию поверх CSS (DQPSK-CSS)). Поддержка двухточечной ортогональной модуляции обязательна, а DQPSK-CSS – нет.

7.2. Скорость передачи данных

Двухточечная ортогональная ЛЧМ должна поддерживать скорости передачи данных 1 Мбит/с и 250 кбит/с. DQPSK-CSS, если реализована, должна поддерживать скорости передачи данных 250 кбит/с и 1 Мбит/с.

7.2.1 Общий формат пакета физического уровня

Пакет физического уровня должен состоять из заголовка синхронизации (SHR) и протокольного блока данных на физическом уровне (PPDU), как показано на рисунке 3.

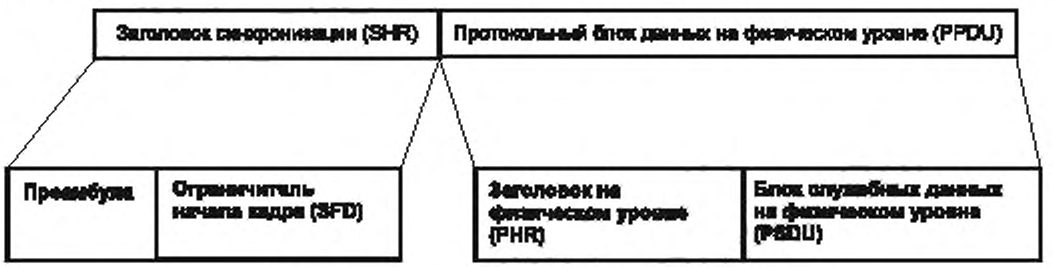


Рисунок 3 – Общая формат пакета физического уровня

Определения преамбулы, ограничителя начала кадра (SFD) и заголовка на физическом уровне (PHR) приведены в 7.3.7, 7.3.8, 7.3.10 и 7.4.14 – 7.4.16.

Блок служебных данных на физическом уровне (PSDU) должен содержать управление доступом к среде передачи – кадр, определение которого приведено в разделе 8 настоящего стандарта.

7.3. Двухточечная ортогональная ЛЧМ

Двухточечная ортогональная ЛЧМ должна быть обязательным режимом физического уровня. Комбинацию центральной частоты с полосой частот называют «радиочастотный канал». Допустимые комбинации центральной частоты и ширины полосы частот приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимые комбинации центральной частоты и ширины полосы частот в случае двухточечной ортогональной ЛЧМ

Номер радиочастотного канала	Центральная частота, МГц	Ширина полосы частот, МГц
0	2441,75	80
1	2441,75	22
2	2412	
3	2417	
4	2422	
5	2427	
6	2432	
7	2437	
8	2442	
9	2447	
10	2452	
11	2457	
12	2462	
13	2467	
14	2472	
15	2484	

7.3.1 Диаграмма эталонного модулятора

Диаграмма модулятора, приведенная на рисунке 4, представлена в качестве эталона для описания двухточечного ортогонального модулятора с ЛЧМ для скоростей передачи данных 250 кбит/с и 1 Мбит/с. Функциональные возможности битового скремблера приведены в 7.3.9. Функциональные возможности преобразователя битов в символы представлены в 7.3.5. Функциональные возможности генератора импульсов с ЛЧМ представлены в 7.3.6.

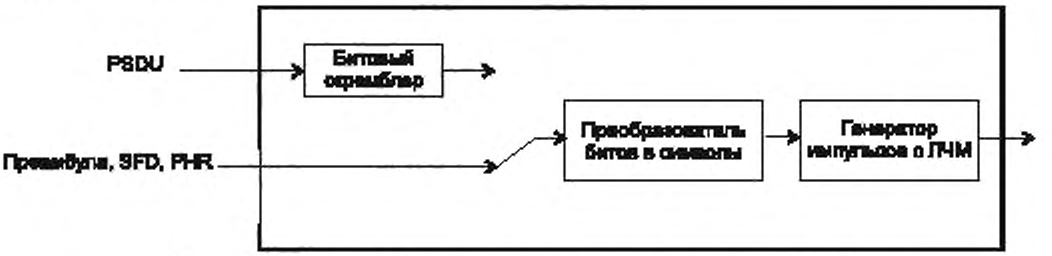


Рисунок 4 – Эталонный модулятор для двухточечной ортогональной ЛЧМ

7.3.2 Полосы частот и маска спектральной плотности мощности (СПМ) передачи

В настоящем стандарте определены полосы частот – 80 МГц и 22 МГц. Мощность переданного сигнала ограничена в соответствии с таблицей 3, рисунками 5 и 6. Для относительного и абсолютного пределов средняя спектральная мощность должна измеряться полосами с разрешением 100 кГц. Для относительного предела опорный уровень устанавливается как самая большая средняя спектральная мощность, измеряемая в полосе частот ±1/2 полосы относительно центральной частоты. Для определения передаваемой спектральной плотности мощности (СПМ) используется псевдослучайная двоичная последовательность в качестве входного сигнала.

Таблица 3 – Пределы передаваемой СПМ для двухточечной ортогональной ЛЧМ

Частота	Относительный предел	Абсолютный предел
$\lvert f-f_c\rvert$ >Полоса/2	-20 dBr	-30 dBm

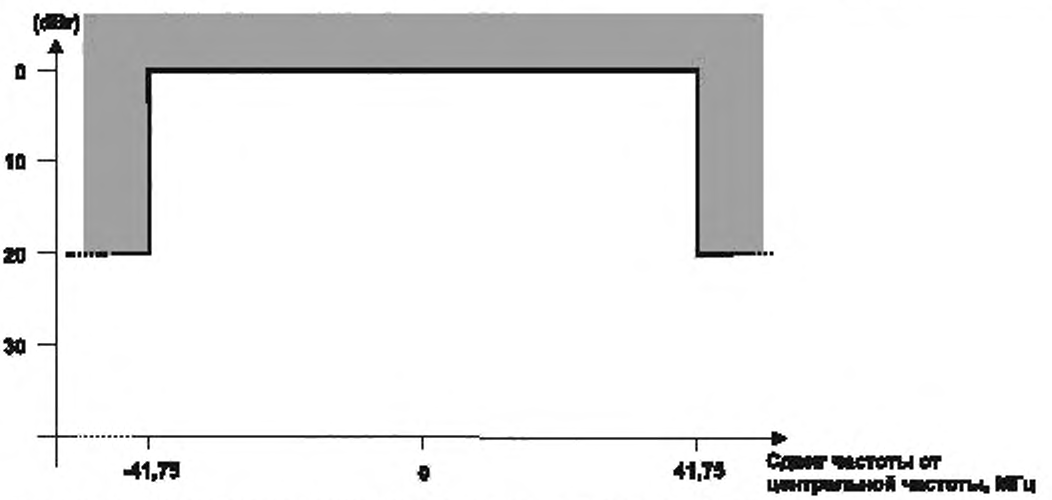


Рисунок 5 – Пределы передаваемой СПМ для двухточечной ортогональной ЛЧМ с полосой частот 80 МГц

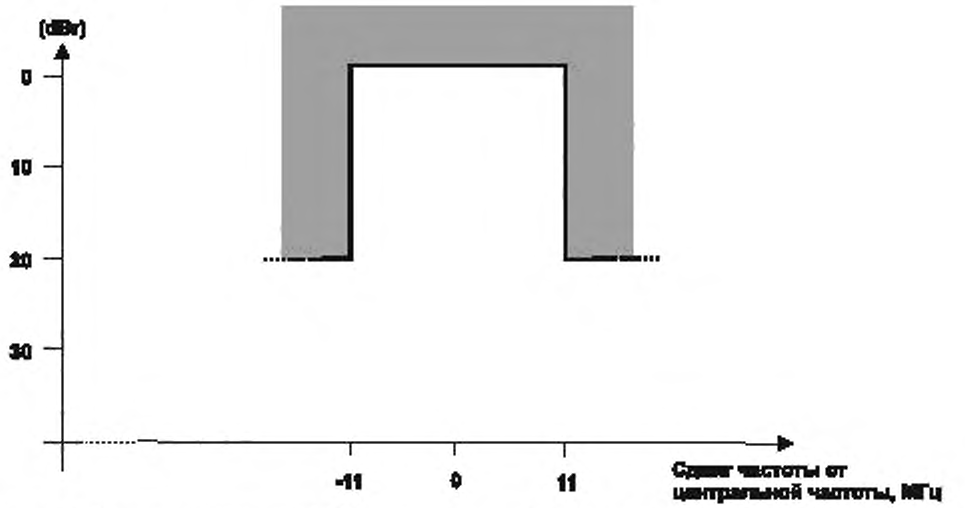


Рисунок 6 – Пределы передаваемой СПМ для двухточечной ортогональной ЛЧМ с полосой частот 22 МГц

7.3.3 Эквивалентное представление непрерывного по времени сигнала двухточечного ортогонального ЛЧМ в виде модулирующего сигнала

Представление в математической форме непрерывного по времени модулирующего двухточечного ортогонального сигнала с ЛЧМ $\tilde{s}^{M_0}(t)$ представлено в уравнении (1)

$$\tilde{s}^{M_0}(t) = \sum_{n=0}^{\infty} c_{b_n}\left(t - nT_0 - \frac{T_0}{2}\right), \tag{1}$$

где M_0 – указывает на то, что используется двухточечная ортогональная ЛЧМ;

n – индекс символа,

b_n – символы, которые предстоит передать. Их значение может быть 1 или -1, оно определяет, какой из двух допустимых видов импульсов необходимо формировать;

$c_b(t)$– непрерывные по времени модулирующие сигналы двух допустимых импульсов, которые требуются для двухточечной ортогональной ЛЧМ и которые являются импульсами с ЛЧМ в соответствии с уравнением (2)

$$c_b(t) = \begin{cases} \exp\left[jb\frac{\mu_0}{2}t^2\right]\cdot W_{T_0}(t), & \text{если } |t| \le \frac{T_0}{2} \\ 0 \text{ в остальных случаях,} \end{cases} \tag{2}$$

где μ_0 – постоянная, значение которой может быть $2\pi\frac{80\text{МГц}}{T_0}$ или $2\pi\frac{22\text{МГц}}{T_0}$ в зависимости от выбранной полосы;

T_0 – длительность импульсов с ЛЧМ. Значение длительности варьируется от 1 мкс до 4 мкс в зависимости от скорости передачи данных;

$j = \sqrt{-1}$;

$W_T(t)$ – приподнятое косинусоидальное окно в соответствии с уравнением (3)

$$W_T(t)=\begin{cases}1 & \text{если } |t|\le\dfrac{(1-\alpha)T}{(1+\alpha)2}\\ \dfrac{1}{2}\left[1+\cos\left(\dfrac{(1+\alpha)\pi}{\alpha T}\left(|t|-\dfrac{(1-\alpha)T}{(1+\alpha)2}\right)\right)\right] & \text{если } \dfrac{(1-\alpha)T}{(1+\alpha)2}<|t|\le\dfrac{T}{2}\\ 0 & \text{если } |t|>\dfrac{T}{2}\end{cases}, \quad (3)$$

где α=0,25;

T – длительность приподнятого косинусоидального окна;

α – коэффициент сглаживания.

7.3.4 Допуск на сигнал

В дополнение к предельным значениям, установленным в таблице 3, минимальная среднеквадратическая ошибка (МСО) должна быть использована как критерий для определения соответствия сигнала. $\tilde{r}^{M_0}(t)$ – реализация сигнала $\tilde{s}^{M_0}(t)$, которая должна удовлетворять уравнению (4) для b_0=+1 и b_0=-1.

$$\text{МСО}=\min_{A,\tau_d,\varphi}\left[\frac{\int_0^{T_s}\left|\tilde{s}^{M_0}(t)-A\cdot\tilde{r}^{M_0}(t-\tau_d)\cdot e^{j\varphi}\right|^2 dt}{\int_0^{T_s}\left|\tilde{s}^{M_0}(t)\right|^2 dt}\right]\le 0{,}005, \quad (4)$$

где переменные A, τ_d и φ используются для минимизации среднеквадратической ошибки.

7.3.5 Преобразование битов в символы

Бит со значением 0 должен соответствовать b=-1.

Бит со значением 1 должен соответствовать b=1.

7.3.6 Генератор импульсов с ЛЧМ (Chirp generator)

Генератор импульсов с ЛЧМ должен формировать импульсы в соответствии с уравнением (2).

7.3.7 Преамбула (Preambule)

Преамбула для двухточечной ортогональной ЛЧМ должна состоять из 30 чередующихся битов, начинающихся битом 0 в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Преамбула для двухточечной ортогональной ЛЧМ

Бит 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

7.3.8 Ограничитель начала кадра (SFD)

Ограничитель начала кадра (SFD) для двухточечной ортогональной ЛЧМ должен состоять из 64 битов, которым соответствуют 8 байтов, как показано в таблице 5. Ограничитель начала кадра (SFD) должен начинаться с младшего бита байта 0 и заканчиваться старшим битом байта 7.

Таблица 5 – Ограничитель начала кадра (SFD) для двухточечной ортогональной ЛЧМ

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4	Байт 5	Байт 6	Байт 7
64h	52h	52h	9Ah	5Ah	4Bh	DBh	54h

7.3.9 Битовый скремблер (Bit scrambler)

До передачи последовательность битов должна быть скремблирована с последовательностью псевдослучайного шума. Псевдослучайная последовательность формируется полиномом g(D) = D7+D4+D0 (221 в восьмеричном представлении) и далее суммируется исключительным ИЛИ с цифровым потоком. Последовательность псевдослучайных битов длиной 127 должна быть сформирована линейным регистром сдвига с обратной связью, как показано на рисунке 7.

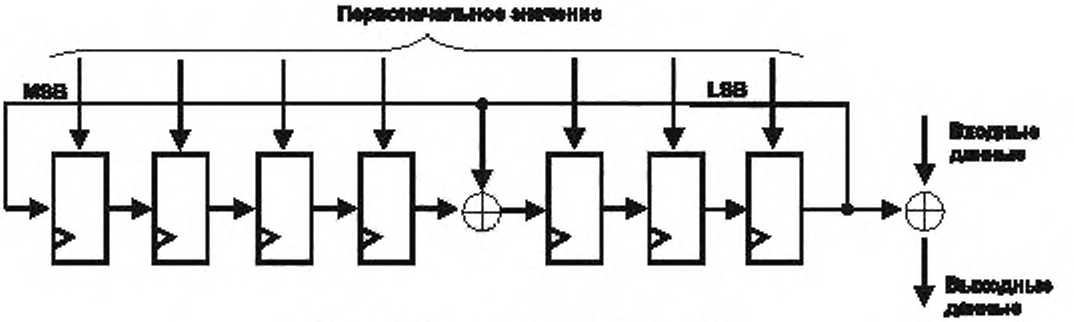


Рисунок 7 – Битовый скремблер (Bit scrambler)

7.3.10 Заголовок на физическом уровне (PHY header)

Заголовок на физическом уровне в случае двухточечной ортогональной ЛЧМ должен состоять из 8 битов. Первый бит зарезервирован. Последующие 7 битов должны содержать (начиная со старшего значащего бита) первоначальное значение битового скремблера, которое показано на рисунке 7.

7.3.11 Общее представление (справочное)

Для общего представления на рисунке 8 показаны: импульс с ЛЧМ и с линейным увеличением частоты и импульс с ЛЧМ и с линейным уменьшением частоты в полосе пропускания. На рисунке 9 показаны те же импульсы в частотно-временной области.

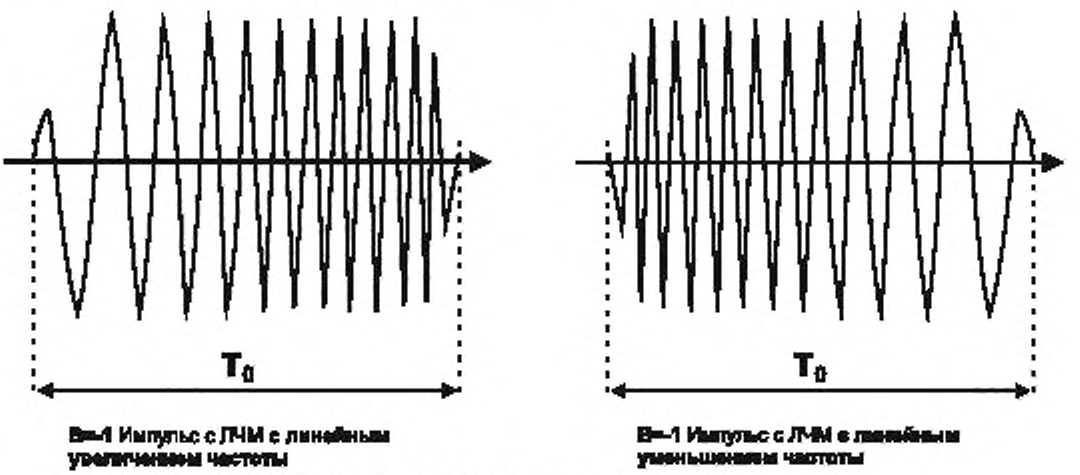


Рисунок 8 – Импульсы с ЛЧМ в полосе пропускания

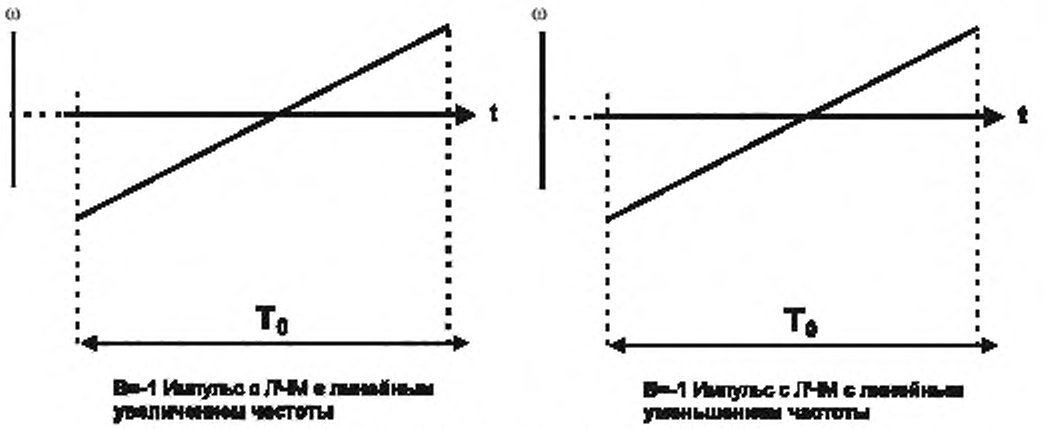


Рисунок 9 – Импульсы с ЛЧМ в частотно-временной области

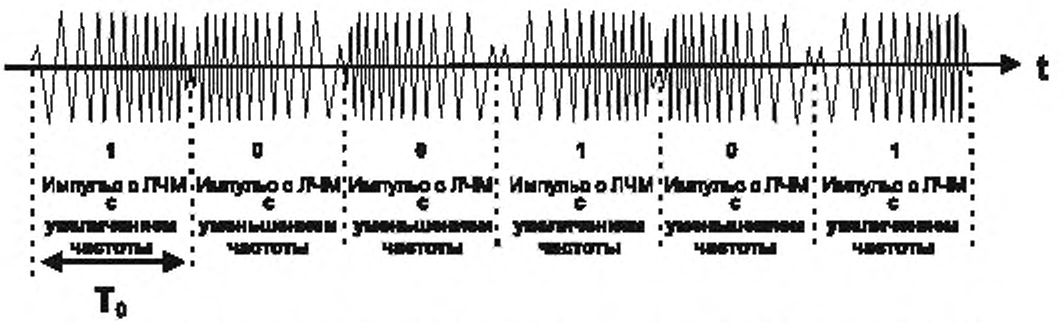


Рисунок 10 – Модулированная двоичная последовательность двухточечной ортогональной ЛЧМ

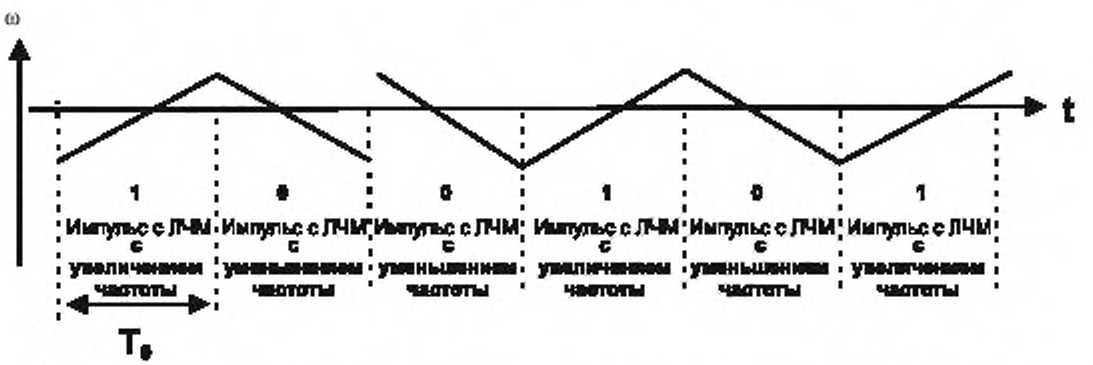


Рисунок 11 – Модулированная двоичная последовательность двухточечной ортогональной ЛЧМ в частотно-временной области

7.4 DQPSK-CSS

Дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция в сочетании с расширением спектра методом линейной частотной модуляции (DQPSK-CSS) является дополнительным режимом физического уровня. Допустимые комбинации центральной частоты и ширины полосы частот приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Допустимые комбинации центральной частоты и ширины полосы частот для DQPSK-CSS

Центральная частота, МГц	Ширина полосы частот, МГц
2412	22
2417	
2422	
2427	
2432	
2437	
2442	
2447	
2452	
2457	
2462	
2467	
2472	
2484	

7.4.1 Диаграмма эталонного модулятора

Диаграмма модулятора, приведенная на рисунке 12, представлена в качестве эталона для описания режима физического уровня с использованием DQPSK-CSS для скоростей передачи данных 250 кбит/с и 1 Мбит/с. Описание блока демультиплексера (DEMUX) приведено в 7.4.6, блока последовательно-параллельного преобразования (S/P) – в 7.4.7, блока преобразования символов – в 7.4.8, блока чередования данных – в 7.4.13, блока параллельно-последовательного преобразования (P/S) – в 7.4.9, блока преобразования символов QPSK – в 7.4.9, преобразователя символов с использованием генератора импульсов с ЛЧМ – в 7.4.12.

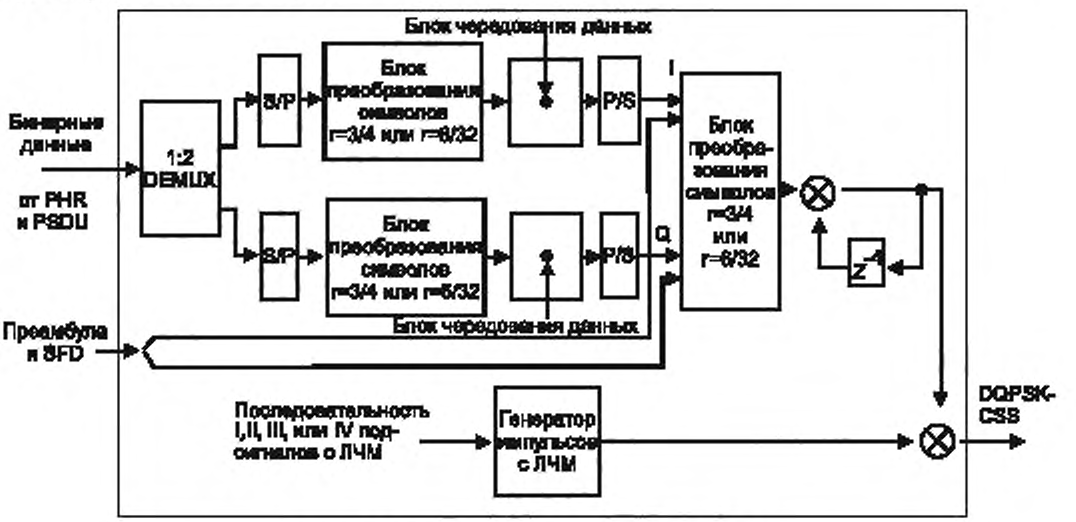


Рисунок 12 – Эталонный модулятор для DQPSK-CSS

7.4.2 Полоса частот и маска спектральной плотности мощности передачи

В настоящем стандарте используется полоса частот 22 МГц. Мощность переданного сигнала ограничена в соответствии с рисунком 13. Средняя спектральная мощность должна измеряться полосами с разрешением 100 кГц. Для относительного предела опорный уровень устанавливается как самая большая средняя спектральная мощность, измеряемая в полосе частот ±11 МГц относительно центральной частоты. Для определения переданной спектральной плотности мощности используется псевдослучайная двоичная последовательность в качестве входного сигнала.

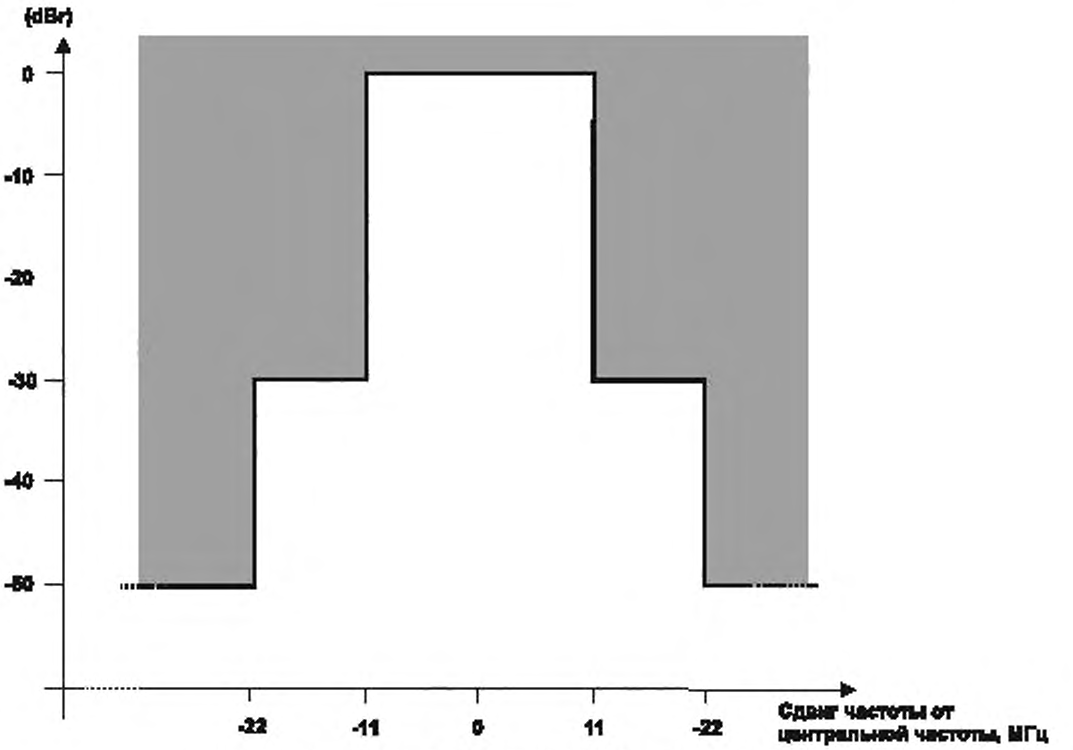


Рисунок 13 – Диапазон передаваемой СПМ в случае DQPSK-CSS

7.4.3 Эквивалентное представление непрерывного по времени сигнала с DQPSK-CSS в виде модулирующего сигнала

Представление в математической форме непрерывного по времени модулирующего сигнала с DQPSK-CSS, $\tilde{s}_m^{M_1}(t)$, представлено в уравнении (5)

$$\tilde{s}_m^{M_1}(t) = \sum_{n=0}^{-} \sum_{k=1}^{4} d_{n,k} C_{k,m}^{sub}(t - T_{n,k,m}), \tag{5}$$

где M_1 – указывает на то, что используется DQPSK-CSS;

m – настроечная постоянная с допустимыми значениями [1,2,3,4] (соответствующие режимы [I,II,III,IV] на рисунке 14), которые определяют, какой из четырех допустимых подсигналов с ЛЧМ был выбран;

n – индекс последовательности подсигналов с ЛЧМ;

k – индекс подсигнала с ЛЧМ в соответствии с 7.4.3.1;

$d_{n,k}$ – поток отчетов DQPSK, значение которых может быть [1+j, 1-j, -1+j, -1-j], где $j = \sqrt{-1}$;

$C_{k,m}^{sub}(t)$ – подсигнал с ЛЧМ в соответствии с 7.4.3.1;

$T_{n,k,m}$ – временное расположение подсигнала с ЛЧМ;

$$T_{n,k,m} = (k-1)T_{sub} + nT_1 - \left(1-(-1)^n\right)\tau_m, \tag{6}$$

где T_{sub} – длительность подсигнала с ЛЧМ в соответствии с таблицей 9;

T_1 – длительность последовательности подсигналов с ЛЧМ в соответствии с таблицей 9;

τ_m – постоянная в соответствии с таблицей 9, которая определяет временную паузу между предыдущей и текущей последовательностью подсигнала с ЛЧМ (рисунок 15).

7.4.3.1 Подсигнал с ЛЧМ

Подсигнал с ЛЧМ определяется уравнением (7)

$$C_{k,m}^{sub}(t) = \exp\left[j\left(2\pi f_{k,m} + \frac{\mu_1}{2}\zeta_{k,m}\left(t - \frac{T_{sub}}{2} \right) \right)\left(t - \frac{T_{sub}}{2} \right)\right] W_{T_{sub}}\left(t - \frac{T_{sub}}{2} \right), \quad (7)$$

где $f_{k,m}$ – постоянная, определяющая сдвиг центральной частоты подсигнала с ЛЧМ в соответствии с таблицей 7;

$\zeta_{k,m}$ – постоянная, определяющая направление подсигнала с ЛЧМ в соответствии с таблицей 8;

T_{sub} – длительность подсигнала с ЛЧМ в соответствии с таблицей 9;

μ_1 – постоянная со значением $2\pi\frac{8,6875125MHz}{T_{sub}}$;

$W_{T_{sub}}$ – приподнятое косинусоидальное окно с длительностью T_{sub} в соответствии с уравнением (3).

7.4.3.2 Последовательность подсигналов с ЛЧМ

Последовательность подсигналов с ЛЧМ определяется уравнением (8)

$$S_m^{sub}(t) = \sum_{k=1}^{4} C_{k,m}^{sub}\left(t - (k-1)T_{sub} \right), \quad (8)$$

где m – настроечная постоянная, которая определяет, какой из четырех допустимых последовательных подсигналов с ЛЧМ был выбран;

$C_{k,m}^{sub}(t)$– подсигнал с ЛЧМ в соответствии с 7.4.3.1;

T_{sub}– длительность подсигнала с ЛЧМ в соответствии с 7.4.3.1.

7.4.3.3. Параметры

В таблице 7 определены параметры сдвига центральных частот подсигналов с ЛЧМ.

В таблице 8 определены параметры направления подсигналов с ЛЧМ.

В таблице 9 определены временные параметры подсигналов с ЛЧМ.

Таблица 7 – Параметры сдвига центральных частот подсигналов с ЛЧМ

$f_{k,m}$[МГц]				
m	k			
	1	2	3	4
1	-3,15	+3,15	+3,15	-3,15
2	+3,15	-3,15	-3,15	+3,15
3	-3,15	+3,15	+3,15	-3,15
4	+3,15	-3,15	-3,15	+3,15

Таблица 8 – Параметры направления подсигналов с ЛЧМ

$\zeta_{k,m}$				
m	k			
	1	2	3	4
1	+1	+1	-1	-1
2	+1	-1	+1	-1
3	-1	-1	+1	+1
4	-1	+1	-1	+1

Таблица 9 – Временные параметры подсигналов с ЛЧМ

Наименование	Значение
T_1	192 T_{base}
T_{sub}	38 T_{base}
τ_1	15 T_{base}
τ_2	10 T_{base}
τ_3	5 T_{base}
τ_4	0

7.4.4 Допуск на сигнал

В дополнение к предельным значениям, установленным на рисунке 13, минимальная среднеквадратическая ошибка (МСО) должна быть использована как критерий для определения соответствия сигнала. $\tilde{r}_m^{M_1}(t)$ – реализация сигнала $\tilde{s}_m^{M_1}(t)$, которая должна удовлетворять уравнению (9).

$$\text{МСО} = \min_{A,\tau_d,\varphi} \left[\frac{\int_0^{T_0} \left| \tilde{s}_m^{M_1}(t) - A \cdot \tilde{r}_m^{M_1}(t-\tau_d) \cdot e^{j\varphi} \right|^2 dt}{\int_0^{T_0} \left| \tilde{s}_m^{M_1}(t) \right|^2 dt} \right] \le 0{,}005 \text{ для } m = 1,2,3,4, \quad (9)$$

где постоянные A, T_d и φ используются для минимизации среднеквадратической ошибки.

При выполнении вычислений значение $d_{n,k}$ в $\tilde{s}_m^{M_1}(t)$ в уравнении (5) равно (1+*j*) для всех значений *n* и *k*.

7.4.5 Общее представление (справочное)

DQPSK-CSS использует ЛЧМ в сочетании с дифференциальной квадратурной фазовой манипуляцией и 8-точечным или 64-точечным двоичным ортогональным кодированием для скоростей передачи данных 1 Мбит/с или 250 кбит/с соответственно.

7.4.5.1 Форма сигналов и последовательности подсигналов с ЛЧМ

Четыре отдельных импульса с ЛЧМ, называемые подсигналами с ЛЧМ, должны быть соединены для создания последовательности подсигналов с ЛЧМ, которая займет две соседние подполосы частот. Каждый подсигнал с ЛЧМ умножен во временной области на приподнятое косинусоидальное окно.

При использовании чередующихся временных пауз одновременно с последовательностями подсигналов с ЛЧМ данная DQPSK-CSS предоставляет возможность временного и частотного разделения. Определены четыре различные последовательности подсигнала с ЛЧМ. На рисунке 14 показаны четыре последовательности подсигналов с ЛЧМ в частотно-временной области. Четыре подсигнала с ЛЧМ с частотой с линейным уменьшением или с линейным увеличением и центральной частотой с положительным или негативным сдвигом относительно центральной частоты сигнала объединены. Прерывность частоты между последующими сигналами с ЛЧМ не влияет на спектр, потому что амплитуда сигналов в этот момент нулевая. Это происходит в результате того, что применяется приподнятое косинусоидальное окно для каждого подсигнала с ЛЧМ.

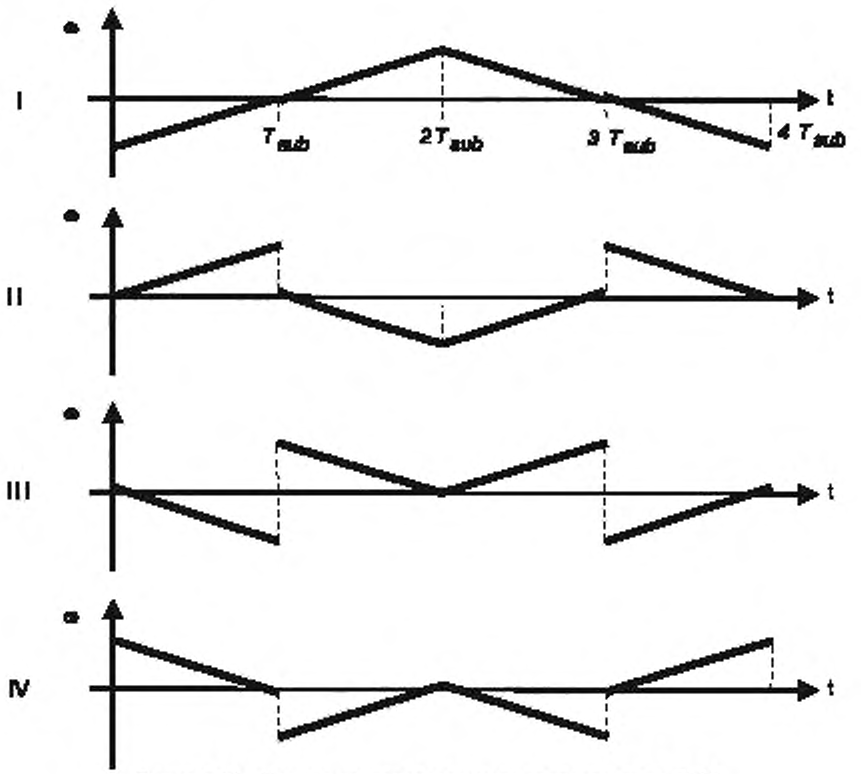


Рисунок 14 – Четыре последовательности подсигналов с ЛЧМ

7.4.5.2 Активное использование временных пауз

Вместе с последовательностями подсигналов с ЛЧМ определены пары временных пауз. Временные паузы выбраны таким образом, чтобы наложить более резкую ортогональность на четыре последовательности подсигналов с ЛЧМ.

Временные паузы используются поочередно между последовательностями подсигналов с ЛЧМ, как показано на рисунке 15.

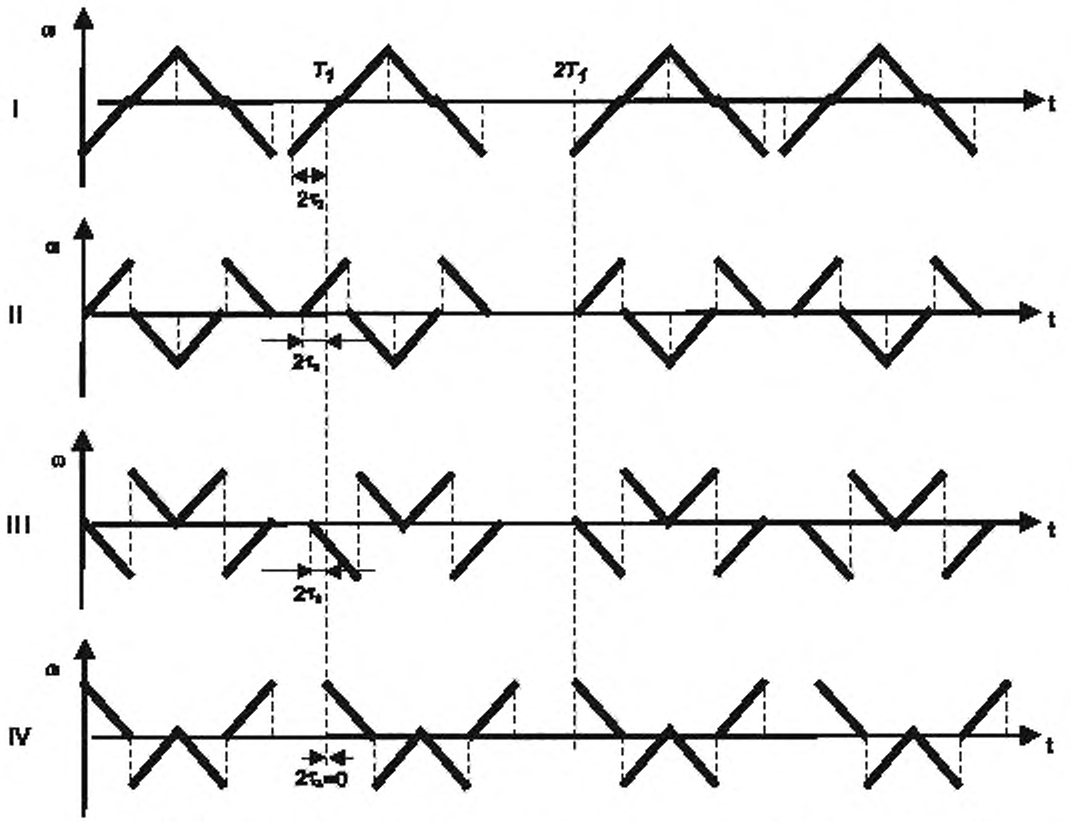


Рисунок 15 – Четыре пары временных пауз для четырех последовательностей подсигналов с ЛЧМ

7.4.6 Демультиплексер (DEMUX)

Первоначальное положение демультиплексера (DEMUX) (рисунок 12) для каждого пакета должно быть таким, чтобы подключить тракт I (верхний тракт). Следовательно, первый бит входного информационного потока передаваемого пакета должен быть переключен на тракт I, а второй бит – на тракт Q.

7.4.7 Последовательно-параллельное преобразование (S/P)

С помощью двух последовательно-параллельных преобразователей потоки данных разделяются на группы битов для формирования символов. При скорости передачи данных 1 Мбит/с символ данных состоит из трех битов. Внутри двоичного символа (b_0, b_1, b_2) первому входному биту данных для каждого тракта I и Q присваивается b_0, а третьему биту входных данных – b_2. При скорости передачи данных 250 кбит/с символ данных состоит из шести битов. Внутри двоичного символа (b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) первому входному биту данных для каждого тракта I и Q присваивается b_0, а шестому биту входных данных – b_5.

7.4.8 Преобразование символов в кодовые слова двоичного ортогонального кода

При передаче данных со скоростью 1 Мбит/с каждый 3-битовый символ должен быть преобразован в кодовое слово длиной 4 элемента сигнала (c_0, c_1, c_2, c_3) в соответствии с таблицей 10. При передаче данных со скоростью 250 кбит/с каждый 6-битовый символ должен быть преобразован в кодовое слово длиной 32 элемента сигнала (c_0, c_1, c_2, … c_{31}) в соответствии с таблицей 11.

Таблица 10 – 8-точечное преобразование двоичного ортогонального кода (r = 3/4)

8-точечный двоичный ортогональный код (r = 3/4), 1 Мбит/с		
Символ данных (десятичное значение)	Символ данных (двоичное значение) ($b_0\ b_1\ b_2$)	Кодовое слово ($c_0\ c_1\ c_2\ c_3$)
0	000	1 1 1 1
1	001	1 -1 1 -1
2	010	1 1 -1 -1
3	011	1 -1 -1 1
4	100	-1 -1 -1 -1
5	101	-1 1 -1 1
6	110	-1 -1 1 1
7	111	-1 1 1 -1

Таблица 11 – 64-точечное преобразование двоичного ортогонального кода (r = 6/32)

64-точечный двоичный ортогональный код (r = 6/32), 250 кбит/с		
Символ данных (десятичное значение)	Символ данных (двоичное значение) ($b_0\ b_1\ b_2\ b_3\ b_4\ b_5$)	Кодовое слово ($c_0\ c_1\ c_2 \ldots c_{31}$)
0	000000	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1	000001	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
2	000010	1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1
3	000011	1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1
4	000100	1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1
5	000101	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1
6	000110	1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1
7	000111	1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
8	001000	1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
64-точечный двоичный ортогональный код (r = 6/32), 250 кбит/с		
9	001001	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
10	001010	1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1
11	001011	1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1
12	001100	1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1
13	001101	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
14	001110	1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1
15	001111	1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1
16	010000	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
17	010001	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
18	010010	1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
19	010011	1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1
20	010100	1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1
21	010101	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1
22	010110	1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1
23	010111	1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
24	011000	1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1
25	011001	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
26	011010	1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
27	011011	1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1
28	011100	1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1
29	011101	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1
30	011110	1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1
31	011111	1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
32	100000	-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
33	100001	-1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1
34	100010	-1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
35	100011	-1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1

Окончание таблицы 11

64-точечный двоичный ортогональный код (r = 6/32), 250 кбит/с		
Символ данных (десятичное значение)	Символ данных (двоичное значение) ($b_0\ b_1\ b_2\ b_3\ b_4\ b_5$)	Кодовое слово ($c_0\ c_1\ c_2 \ldots c_{31}$)
36	100100	-1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1
37	100101	-1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
64-точечный двоичный ортогональный код (r = 6/32), 250 кбит/с		
38	100110	-1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1
39	100111	-1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1
40	101000	-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1
41	101001	-1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
42	101010	-1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
43	101011	-1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1
44	101100	-1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1
45	101101	-1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1
46	101110	-1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1
47	101111	-1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
48	110000	-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
49	110001	-1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1
50	110010	-1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
51	110011	-1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1
52	110100	-1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1
53	110101	-1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1
54	110110	-1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1
55	110111	-1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1
56	111000	-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
57	111001	-1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1
58	111010	-1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1
59	111011	-1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1
60	111100	-1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1
61	111101	-1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1
62	111110	-1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1
63	111111	-1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1

7.4.9 Параллельно-последовательное преобразование (P/S) и преобразование символов QPSK

Каждое двоичное ортогональное кодовое слово должно быть преобразовано в последовательность элементарных посылок.

При передаче данных со скоростью 1 Мбит/с первым обрабатывается элемент сигнала младшего значащего разряда c_0, а элемент сигнала старшего значащего разряда c_3 – последним для каждого тракта I и Q. При передаче данных со скоростью 250 кбит/с первым обрабатывается элемент сигнала младшего значащего разряда c_0, а элемент сигнала старшего значащего разряда c_{31} – последним для каждого тракта I и Q. Каждая пара элементарных посылок I и Q должна быть преобразована в символ QPSK в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 – Таблица преобразования символов QPSK

Преобразование символов QPSK		
Вход ($I_{n,k}\ Q_{n,k}$)	Величина	Фаза выходного сигнала $\varphi_{n,k}$[рад]
1, 1	1	0
-1,1	1	π/2
1,-1	1	-π/2
-1, -1	1	П

7.4.10 Дифференциальное кодирование QPSK (DQPSK)

Поток символов QPSK дифференциально кодируется с помощью дифференциального кодера с памятью обратной связи длиной четыре символа QPSK. Это означает, что определяется разность фазы между символами 1 и 5, 2 и 6, 3 и 7, 4 и 8 и т. д.

Выход DQPSK: $e^{j\theta_{n,k}} = e^{j\theta_{n-1,k}} \cdot e^{j\varphi_{n,k}}$,

где $e^{j\varphi_{n,k}}$ – входные данные QPSK;

$e^{j\theta_{n-1,k}}$ – сохраняется в памяти обратной связи.

Для каждого пакета первоначальное значение каждой ячейки памяти обратной связи дифференциального кодера равно $e^{j\pi/4}$ или эквивалентно $\theta_{0,k}=\pi/4[rad]$.

7.4.11 DQPSK в DQPSK-CSS

Поток символов DQPSK должен быть модулирован потоком подсигналов с ЛЧМ, сформированных генератором импульсов с ЛЧМ. Каждый символ DQPSK должен быть умножен на один подсигнал с ЛЧМ.

7.4.12 Генератор импульсов с ЛЧМ (Chirp generator)

Генератор импульсов с ЛЧМ должен периодически формировать одну из четырех последовательностей подсигналов с ЛЧМ в соответствии с 7.4.3.2.

7.4.13 Блок чередования данных (Bit interleaver)

Блок чередования данных используется только при передаче данных со скоростью 250 кбит/с. Двоичные ортогональные кодовые слова, которые состоят из 32 элементарных посылок, должны быть обработаны блоком чередования данных перед параллельно-последовательным преобразованием. Взаимосвязь между входом и выходом следующая:

Вход:

Четный символ (c0, c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c8, c9, c10, c11, c12, c13, c14, c15, c16, c17, c18, c19, c20, c21, c22, c23, c24, c25, c26, c27, c28, c29, c30, c31).

Нечетный символ (d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9, d10, d11, d12, d13, d14, d15, d16, d17, d18, d19, d20, d21, d22, d23, d24, d25, d26, d27, d28, d29, d30, d31).

Выход:

Четный символ (c0, c1, c2, c3, d20, d21, d22, d23, c8, c9, c10, c11, d28, d29, d30, d31,c16, c17, c18, c19, d4, d5, d6, d7, c24, c25, c26, c27, d12, d13, d14, d15).

Нечетный символ (d0, d1, d2, d3, c20, c21, c22, c23, d8, d9, d10, d11, c28, c29, c30, c31,d16, d17, d18, d19, c4, c5, c6, c7, d24, d25, d26, d27, c12, c13, c14, c15).

На рисунке 12 показано кодирование (преобразование символа), которое применяется к каждому биту, следующему за ограничителем начала кадра (SFD). Первое полученное кодовое слово считается нулевым, соответственно четным.

7.4.14 Преамбула (Preambule)

При передаче данных со скоростью 1 Мбит/с, преамбула состоит из 32 битов в соответствии с таблицей 13. При передаче данных со скоростью 250 кбит/с, преамбула состоит из 80 битов в соответствии с таблицей 13. Преамбулы, приведенные в таблице 13, должны быть установлены на входы трактов I и Q преобразователя QPSK одновременно и параллельно в соответствии с рисунком 12.

Таблица 13 – Преамбула

Скорость передачи данных	Преамбула
1 Мбит/с	ones (0:31)
250 кбит/с	ones (0:79)

Примечание – ones (0:N) для целого числа N – вектор строк единиц размерностью N.

7.4.15 Ограничитель начала кадра (SFD)

Для каждой из двух применяемых в рамках настоящего стандарта скоростей передачи данных используется отдельный ограничитель начала кадра (SFD). В зависимости от скорости передачи данных, для ограничителя начала кадра (SFD) применяются последовательности, приведенные в таблице 14, которые подаются с младшим значащим битом (бит 0) на вход преобразователя символов QPSK параллельно по трактам I и Q в соответствии с рисунком 12.

Таблица 14 – Ограничители начала кадра (SFD) для DQPSK-CSS

Скорость передачи данных	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	Бит 8	Бит 9	Бит 10	Бит 11	Бит 12	Бит 13	Бит 14	Бит 15
1 Мбит/с	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
250 кбит/с	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1

7.4.16 Заголовок физического уровня (PHY header)

Заголовок физического уровня в случае QPSK-CSS должен быть пустым (состоит из 0 битов).

8 Уровень управления доступом к среде передачи (уровень MAC)

8.1 Общие положения

Согласно [6] уровень MAC расположен сразу за физическим уровнем и управляет доступом к среде передачи (например, канал беспроводной связи) с использованием таких методов, как протокол ALOHA или CSMA/CA. Уровень MAC выполняет такие операции, как адресная фильтрация, вычисление и проверка контрольной суммы. Кроме того, уровень MAC обрабатывает пакеты установления связи в случае двухэтапного и трехэтапного установления связи. В настоящем стандарте процесс измерения расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS выполняется с помощью пакетов установления связи. Поэтому процесс измерения времени, связанного с измерением расстояния, определен в описании подуровня управления доступом к среде передачи.

8.2 Общий формат пакета

Блок служебных данных на физическом уровне (PSDU), приведенный на рисунке 3, называется «Кадр MAC» (MAC frame).

8.3 Типы пакетов

Приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать типы пакетов, приведенные в таблице 15.

Таблица 15 – Типы пакетов

Тип	Наименование	Описание	Формат
Данные	Data	Кадр MAC пакета данных может содержать до 8192 байтов передаваемых данных	Рисунок 16
Подтверждение	Ack	Подтверждает успешный прием пакета данных	Рисунок 17
Широковещательный пакет	Broadcast	Передает информацию всем станциям, находящимся в зоне досягаемости	Рисунок 18
Запрос передачи	RTS	Запрос на передачу кадра	Рисунок 19
Готов к приему	CTS	Подтверждает запрос на передачу кадра и указывает, что пакет данных может быть передан	Рисунок 20

8.4 Форматы кадров управления доступом к среде передачи (кадры MAC)

8.4.1 Формат кадров управления доступом к среде передачи для пакетов «Данные» (Data)

Для пакетов «Данные» (Data) должен быть использован формат кадров MAC в соответствии с рисунком 16.

Reserved	Type	Dst	Src	Length	Ctrl	CRC1	MAC payload	CRC2
4	4	48	48	13	3	16	8..8*8192	16

Рисунок 16 – Формат кадров MAC для пакетов «Данные» (Data)

8.4.2 Формат кадров управления доступом к среде передачи для пакетов «Подтверждение» (Ack)

Для пакетов «Подтверждение» (Ack) должен быть использован формат кадров MAC в соответствии с рисунком 17.

Reserved	Type	Dst	CRC1
4	4	48	16

Рисунок 17 – Формат кадров MAC для пакетов «Подтверждение» (Ack)

8.4.3 Формат кадров управления доступом к среде передачи для пакетов «Широковещательный пакет» (Broadcast)

Для пакетов «Широковещательный пакет» (Broadcast) должен быть использован формат кадров MAC в соответствии с рисунком 18.

Reserved	Type	Blink info	Src	Length	Ctrl	CRC1	MAC payload	CRC2
4	4	48	48	13	3	16	8..8*8192	16

Рисунок 18 – Формат кадров MAC для пакетов «Широковещательный пакет» (Broadcast)

8.4.4 Формат кадров управления доступом к среде передачи для пакетов «Запрос передачи» (RTS)

Для пакетов «Запрос передачи» (RTS) должен быть использован формат кадров MAC в соответствии с рисунком 19.

Reserved	Type	Dst	Src	Length	Ctrl	CRC1
4	4	48	48	13	3	16

Рисунок 19 – Формат кадров MAC для пакетов «Запрос передачи» (RTS)

8.4.5 Формат кадров управления доступом к среде передачи для пакетов «Готов к приему» (CTS)

Для пакетов «Готов к приему» (CTS) должен быть использован формат кадров MAC в соответствии с рисунком 20.

Reserved	Type	Dst	Length	Ctrl	CRC1
4	4	48	13	3	16

Рисунок 20 – Формат кадров MAC для пакетов «Готов к приему» (CTS)

8.4.6 Поля кадров уровня управления доступом к среде передачи

8.4.6.1 Зарезервированное поле (Reserved)

Биты данного поля должны быть зарезервированы для будущего использования. Битам данного поля должны быть присвоены значения в соответствии с таблицей 16.

Таблица 16 – Значения зарезервированного поля (Reserved)

Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3
0	0	0	0

8.4.6.2 Поле «Тип» (Type)

Поле «Тип» (Type) должно содержать код, который определяет тип пакета в соответствии с таблицей 17.

Таблица 17 – Значения поля «Тип» (Type)

Тип пакета	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3
Data	0	0	0	0
Ack	1	0	0	0
Broadcast	1	1	0	0
RTS	0	0	1	0
CTS	1	0	1	0

8.4.6.3 Поле «Информация о блинк-посылке» (Blink info)

Поле «Информация о блинк-посылке» (Blink info) должно быть использовано верхним уровнем в соответствии с рисунком 40.

8.4.6.4 Поле «Адрес назначения» (DST)

Поле «Адрес назначения» (DST) должно содержать 48-битовый адрес назначения, начиная с бита 0.

8.4.6.5 Поле «Адрес источника» (SRC)

Поле «Адрес источника» (SRC) должно содержать 48-битовый MAC-адрес источника, начиная с бита 0. В качестве MAC-адреса должен быть использован идентификатор метки, приведенный в 6.4.

8.4.6.6 Поле «Длина» (Length)

В пакетах «Данные» (Data) и пакетах «Широковещательный пакет» (Broadcast) содержится поле «Длина» (Length), которое содержит число передаваемых байтов данных. Минимальная длина передаваемых данных уровнем MAC – 1 байт. Значение в поле «Длина» (Length) указывает на длину передаваемых уровнем MAC данных.

В пакетах «Запрос передачи» (RTS) и «Готов к приему» (CTS) поле «Длина» (Length) содержит число байтов, которое инициирующий приемопередатчик системы RTLS намеревается передать в составе последующего пакета данных.

8.4.6.7 Поле «Управление» (Ctrl)

Поле «Управление» (Ctrl) должно быть использовано верхним уровнем в соответствии с разделом 9.

8.4.6.8 Вычисление значения циклического избыточного кода (CRC)

Значения CRC1 и CRC2 должны быть вычислены с помощью полинома $X^{16}+X^{12}+X^5+1$. На рисунке 21 и в таблице 18 приведена схема, основанная на линейном сдвиговом регистре с обратной связью (LFSR), для вычисления значения циклического избыточного кода (CRC).

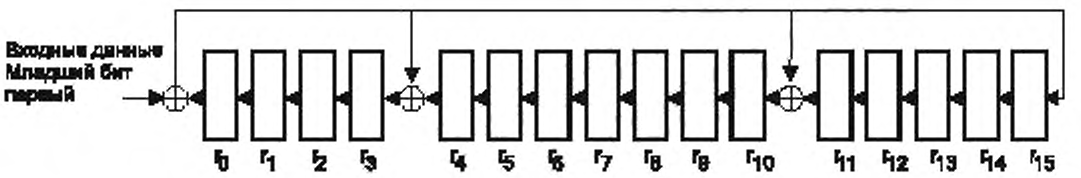


Рисунок 21 – Вычисление значения циклического избыточного кода (CRC) с помощью регистра LFSR

Таблица 18 – Этапы вычисления значения циклического избыточного кода (CRC) с помощью регистра LFSR

Этап	Операция
1	Инициализировать все регистры (с r_0 по r_{15}) значением «1»
2	Переместить данные, для которых необходимо определить значение CRC, в регистре LFSR
3	После того как данные будут загружены, инвертировать биты с r_0 по r_{15}
4	Определить значение CRC по битам с r_0 по r_{15}

8.4.6.9 Поле «Значение CRC1» (CRC1)

Поле «Значение CRC1» (CRC1) содержит значение контрольной суммы CRC1, начиная с бита r_{15}. Значение CRC1 должно быть вычислено, начиная с первого бита кадра MAC до бита, предшествующего первому биту CRC1.

8.4.6.10 Поле «Передаваемые уровнем MAC данные» (MAC payload)

Поле «Передаваемые уровнем MAC данные» (MAC payload) должно быть использовано в соответствии с разделом 9.

8.4.6.11 Поле «Значение CRC2» (CRC2)

Поле «Значение CRC2» (CRC2) содержит значение контрольной суммы CRC2, начиная с бита r_{15}. Значение CRC2 должно быть вычислено, начиная с первого бита кадра MAC до последнего бита передаваемых уровнем MAC данных.

8.5 Временные параметры уровня MAC

В таблице 19 приведены временные параметры уровня MAC, которые используются в настоящем стандарте.

Таблица 19 – Временные параметры уровня MAC

Наименование параметра	Значение	Допуск
Максимальное время распространения сигнала по радио-интерфейсу	8 мкс	В соответствии с разделом 6
Параметр «Короткий межкадровый промежуток» (SIFS – Short Inter Frame Space)	8 мкс	
Параметр «Межкадровое время проверки среды на занятость» (CIFS – Carrier sense Inter Frame Space)	SIFS+2 Максимальное время распространения сигнала по радиоинтерфейсу	
Параметр «Временной интервал отсрочки передачи» (BTS – Backoff Time Slot)	24 мкс	

8.5.1 Двухэтапное установление связи

При двухэтапном установлении связи необходимо подтверждение получения пакета данных ответным пакетом «Подтверждение» (Ack) передатчику системы RTLS, который отправил пакет данных. После получения пакета «Данные» (Data) уровень MAC отвечающего приемопередатчика системы RTLS должен начать передачу пакета «Подтверждение» (Ack) через промежуток SIFS в соответствии с рисунком 22.

Инициирующий приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать двухэтапное установление связи.

Отвечающий приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать двухэтапное установление связи.

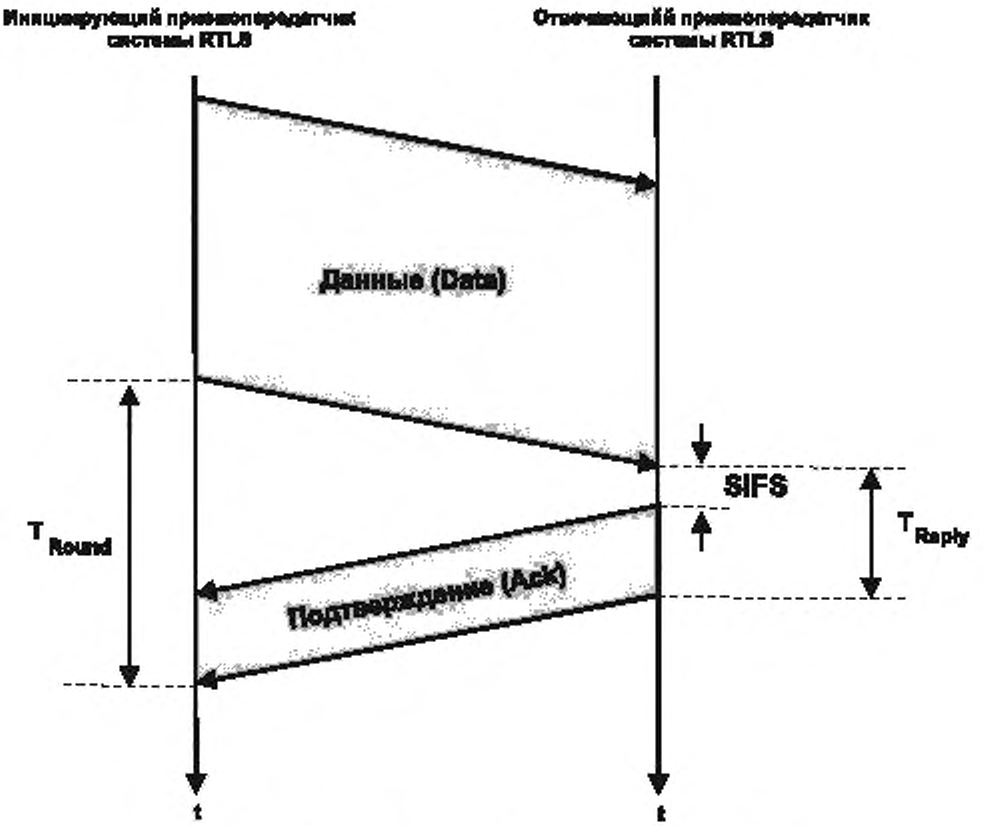


Рисунок 22 – Временные параметры подтверждения данных

8.5.2 Трехэтапное установление связи

Приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать трехэтапное установление связи. Трехэтапное установление связи выполняется этапами, приведенными в таблице 20 и рисунке 23.

Таблица 20 – Процедура трехэтапного установления связи

Этап	Операция
1	Инициирующий приемопередатчик системы RTLS посылает пакет «Запрос передачи» (RTS) отвечающему приемопередатчику системы RTLS
2	Если отвечающий приемопередатчик системы RTLS принял пакет «Запрос передачи» (RTS), то он передает инициирующему приемопередатчику системы RTLS пакет «Готов к приему» (CTS)
3	Если инициирующий приемопередатчик системы RTLS принял пакет «Готов к приему» (CTS), то он передает пакет данных отвечающему приемопередатчику системы RTLS
4	Если отвечающий приемопередатчик системы RTLS принял пакет данных, то он передает пакет подтверждения (Ack) инициирующему приемопередатчику системы RTLS

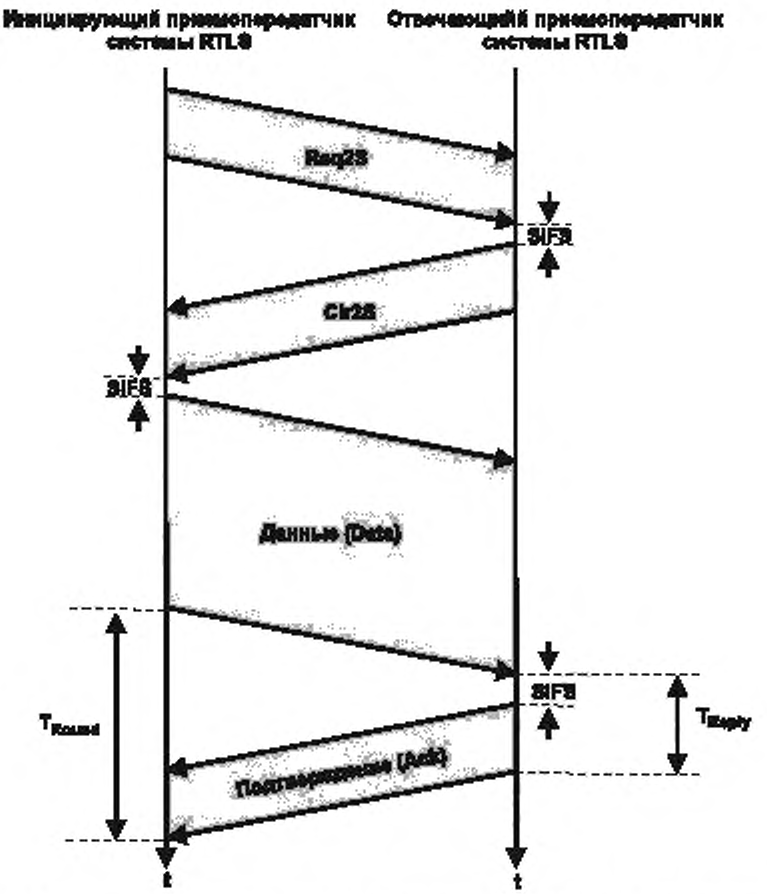


Рисунок 23 – Временные параметры пакетов «Запрос передачи» (RTS) и «Готов к приему» (CTS)

8.5.3 Измерение временных величин, связанных с измерением расстояния

Приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать возможность измерения временных параметров T_{Reply} и T_{Round}, приведенных на рисунках 22 и 23, в рамках точности временной сетки, приведенной в разделе 6.

8.5.4 Доступ к среде

Приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать протокол ALOHA в соответствии с 8.5.4.1.

Приемопередатчик системы RTLS должен поддерживать CSMA/CA (множественный доступ с контролем несущей частоты и предотвращение коллизий) в соответствии с 8.5.4.2.

8.5.4.1 Протокол ALOHA

При использовании протокола ALOHA приемопередатчик RTLS должен получить доступ к среде передачи, не прослушивая предварительно активность эфира.

8.5.4.2 CSMA/CA

При использовании CSMA/CA приемопередатчик системы RTLS должен предварительно детектировать занятость среды, применяя один из методов:

- детектирование энергии;
- физическое обнаружение несущей частоты;
- виртуальное обнаружение несущей частоты.

В случае занятости среды передачи приемопередатчик системы RTLS должен отсрочить передачу в соответствии с 8.5.4.2.5.

8.5.4.2.1 Использование CSMA/CA

CSMA/CA должен использоваться только в случае двухэтапного или трехэтапного установления связи.

При двухэтапном установлении связи CSMA/CA должен применяться только для пакетов «Данные» (Data).

При трехэтапном установлении связи CSMA/CA должен применяться только для пакетов «Запрос передачи» (RTS).

CSMA/CA должен применяться по запросу от верхнего уровня.

8.5.4.2.2 Детектирование энергии

При использовании метода детектирования энергии приемопередатчик системы RTLS должен определить среднюю мощность за период длительностью CIFS. Если средняя мощность больше порога ED_{thres}, то среда передачи считается занятой. Верхний уровень должен иметь возможность устанавливать порог ED_{thres} из перечисленного списка [-30Дбм, -50Дбм, -70Дбм, -90Дбм].

8.5.4.2.3 Физическое обнаружение несущей частоты

При использовании физического обнаружения несущей частоты приемопередатчик системы RTLS должен детектировать входной сигнал на протяжении CIFS. При обнаружении символов с ЛЧМ среда считается занятой.

8.5.4.2.4 Виртуальное обнаружение несущей частоты

При использовании виртуального обнаружения несущей частоты приемопередатчик системы RTLS должен вести вектор сетевого размещения (NAV) путем считывания полей «Тип» (Type) и «Длина» (Length) любого входного трафика. Таким образом, NAV содержит информацию о том, как долго среда будет занята обменом пакетами, происходящим в настоящее время (рисунки 24–26).

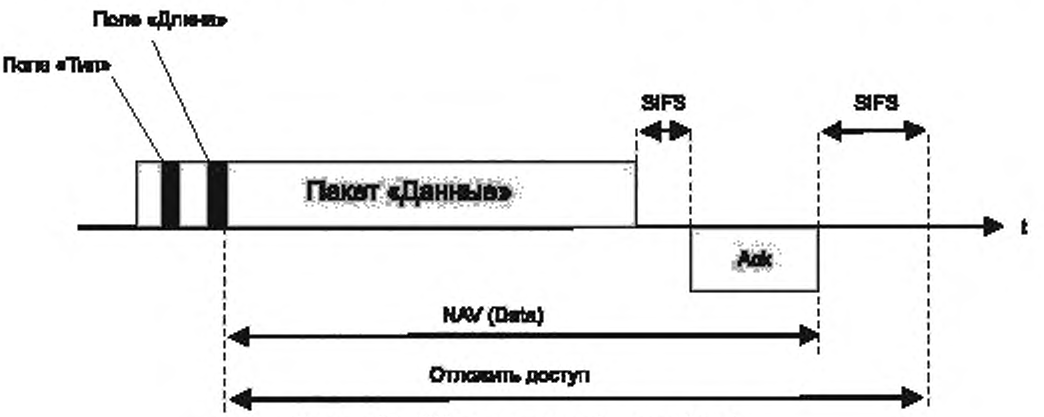


Рисунок 24 – NAV для пакетов «Данные» (Data)

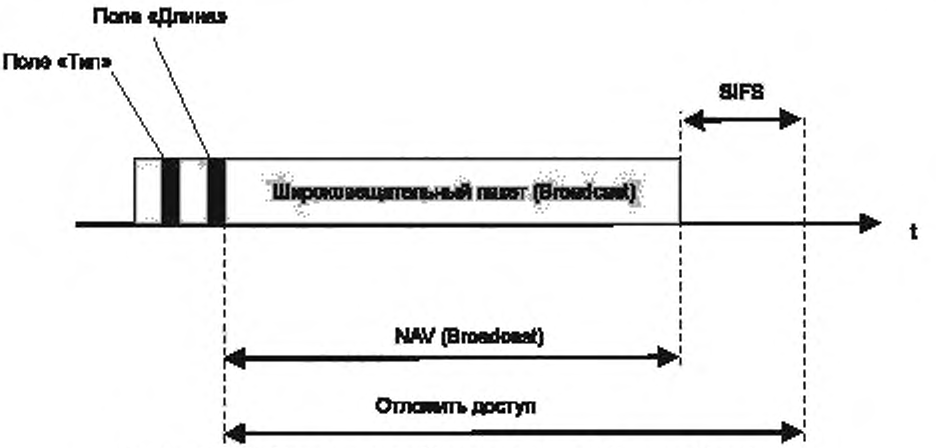


Рисунок 25 – NAV для пакетов «Широковещательный пакет» (Broadcast)

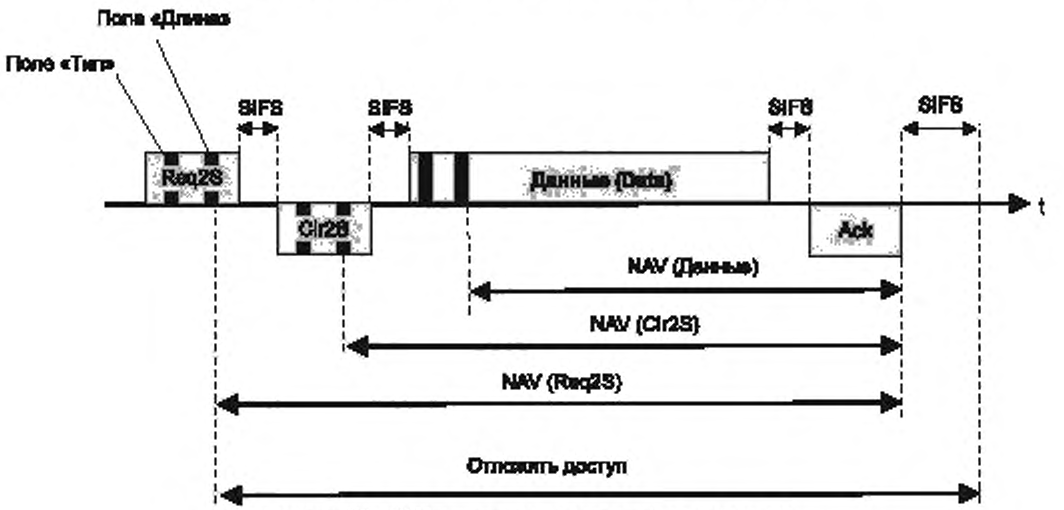


Рисунок 26 – NAV для трехэтапного установления связи

8.5.4.2.5 Отсрочка передачи

Процедура отсрочки передачи применяется одновременно с CSMA/CA с целью снижения вероятности коллизий между приемопередатчиками системы RTLS, пытающимися одновременно получить доступ к среде передачи, когда она становится свободной.

8.5.4.2.5.1 Процедура отсрочки

Если среда свободна, то приемопередатчик системы RTLS должен отложить попытку или повторную попытку передачи данных на период времени, равный CIFS. Далее приемопередатчик системы RTLS откладывает передачу на период времени, равный окну разрешения конфликтов, оно определяется счетчиком отсрочки, который считает определенные временные интервалы, каждый из которых равен интервалу BTS. Данная процедура показана на рисунке 27 и описана далее.

Если среда свободна, то приемопередатчик системы RTLS должен уменьшить счетчик отсрочки физического обнаружения несущей частоты и/или детектирования энергии до того момента, когда среда снова станет занятой или до достижения счетчиком нулевого значения. Если среда занята, то уменьшение счетчика должно быть остановлено до того, как среда освободится заново.

Приемопередатчик системы RTLS должен получить доступ к среде передачи и передать пакет, только если значение счетчика отсрочки достигло значения 0 и среда свободна.

Когда устройство первый раз осуществляет попытку передачи данных, счетчик отсрочки инициализируется псевдослучайным целым числом со значением в диапазоне от 0 до 7. При каждой новой попытке диапазон должен быть удвоен. Для второй попытки передачи счетчик отсрочки инициализируется псевдослучайным целым числом со значением в диапазоне от 0 до 15, а для третьей попытки – в диапазоне от 0 до 31. Если при выполнении третьей попытки сигнал подтверждения отсутствует, то транзакцию следует считать невыполненной.

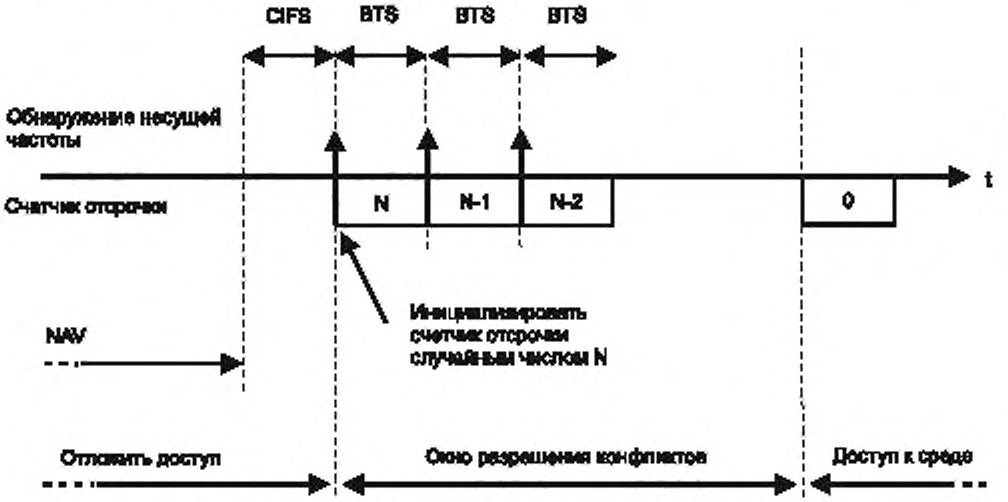


Рисунок 27 – Процедура отсрочки передачи с CSMA/CA

9 Спецификация прикладного уровня метки

9.1 Общие положения

Прикладной уровень метки находится над уровнем MAC. Прикладные уровни меток приемопередатчиков системы RTLS обмениваются прикладными пакетами. Определены четыре типа прикладных пакетов:

1) пакеты «Команда» (Command packets), использующиеся инфраструктурой для передачи команд меткам;

2) пакеты «Отчет» (Report packets), использующиеся метками для передачи любого типа информации или извещения инфраструктуры;

3) пакеты «Измерение расстояния» (Ranging packets), использующиеся для обмена информацией в процессе измерения расстояния;

4) пакеты «Передача блинк-посылки» (Blink packets), являющиеся пакетами «Широковещательный пакет» (Broadcast), переданными метками.

На прикладном уровне метка может переключаться между различными состояниями в соответствии с рисунком 28. Определен набор команд, с помощью которых можно перевести метку из одного состояния в другое или перевести через определенную последовательность состояний. Подробное описание состояний и переходов между состояниями приведено в 9.2 и 9.2.6 соответственно.

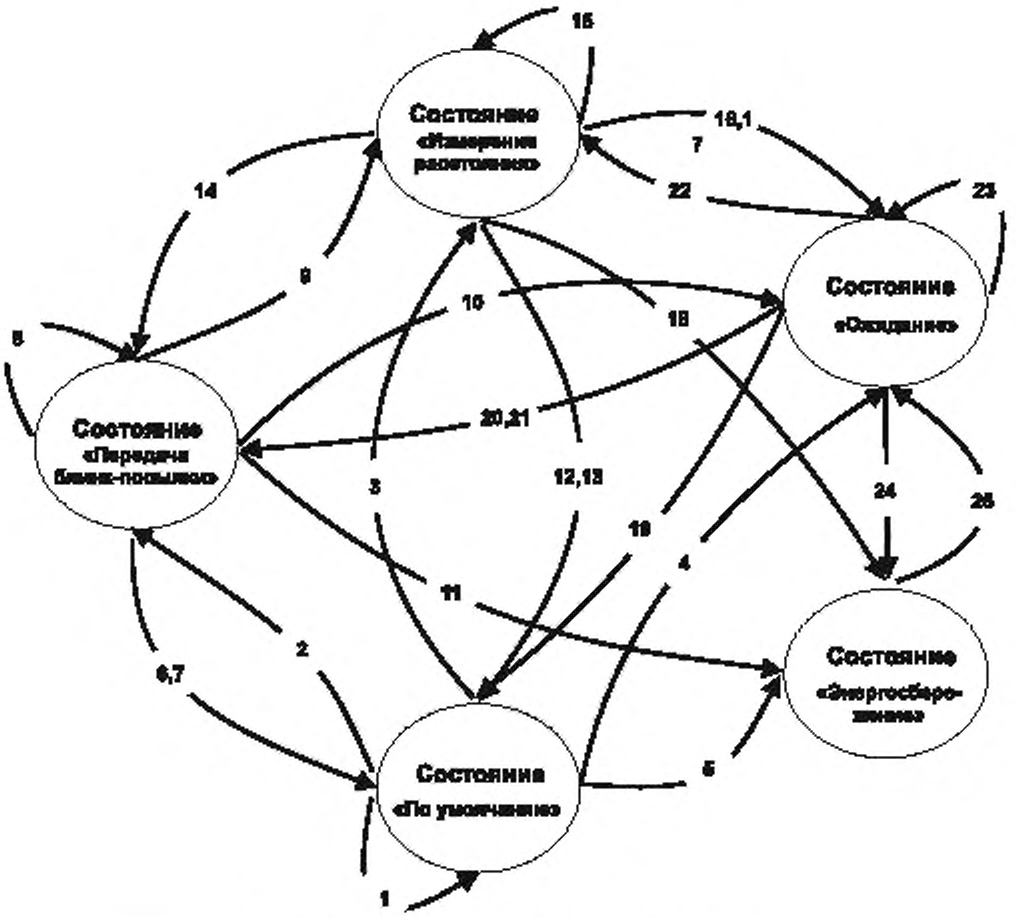


Рисунок 28 – Состояния метки на прикладном уровне

9.1.1 Пример сценария

Данный сценарий приведен в качестве примера.

Предположим, что метка перемещается по всему миру. Поскольку большая часть земного шара не оборудована инфраструктурой системы RTLS, то метка находится в состоянии «По умолчанию» (Default state) и регулярно передает пакеты «Широковещательный пакет» (Broadcast).

Когда метка входит в зону действия инфраструктуры системы RTLS, которая соответствует настоящему стандарту, то инфраструктура принимает один или несколько пакетов «Широковещательный пакет» (Broadcast). Далее, для того чтобы передать инструкции о дальнейших действиях, инфраструктура передает метке несколько прикладных пакетов, каждый из которых содержит одну или несколько команд. Одна из таких команд «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) устанавливает набор устройств считывания системы RTLS, которые метка будет использовать в качестве одноранговых узлов измерения расстояния. Впоследствии, если будет передана команда «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState (Range)), это будет означать, что метке необходимо начать процедуру измерения расстояния с данными узлами. После этого метка циклически измеряет расстояние с каждым из вышеупомянутых узлов. Число циклов, а также временной интервал между циклами определяются аргументом «Измерение расстояния» (Range) команды «Переключение в состояние» (SwitchState). Еще один параметр данной команды определяет наличие и способ отправления пакета «Отчет» (Report), содержащего отчет об измерении

расстояния. По мере перемещения метки по инфраструктуре, последняя сообщает ей об изменениях набора устройств считывания системы RTLS, участвующих в измерении расстояния командами «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) и/или «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers).

Стоит отметить, что инфраструктура для того чтобы приспосабливаться к тому, что число меток, находящихся в зоне ее действия, постоянно меняется, может отдельно для каждой метки установить периодичность выполнения операции измерения расстояния с помощью команды «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState (Range)).

Когда инфраструктура обнаруживает, что метка собирается покинуть зону ее действия, то устройство считывания системы RTLS переводит метку в состояние «По умолчанию» (Default state).

Если в течение определенного времени метка не получила никаких команд для перехода в состояние «По умолчанию» (Default state), то она принимает решение об этом переходе самостоятельно.

9.2 Состояния метки

Метка системы RTLS на прикладном уровне должна поддерживать состояния, приведенные в таблице 21.

Таблица 21 – Состояния метки на прикладном уровне

Наименование состояния	Код состояния
«По умолчанию» (Default state)	0
«Передача блинк-посылки» (Blink state)	1
«Ожидание» (Wait state)	2
«Измерение расстояния» (Range state)	3
«Энергосбережение» (Sleep state)	4

Коды состояния метки «Зарезервировано» (Reserved), а также «Определяется пользователем» (User defined) приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Зарезервированные и определяемые пользователем коды состояний метки

Статус	Код состояния
«Зарезервировано» (Reserved)	5..8
«Определяется пользователем» (User defined)	9..15

9.2.1 Состояние «По умолчанию» (Default state)

Метка должна переходить в состояние «По умолчанию» (Default state) при получении команды «Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState (Default)) или при выявлении условия нахождения вне зоны действия инфраструктуры в соответствии с 9.2.1.1. При переходе в состояние «По умолчанию» (Default state) метка должна выбрать профиль по умолчанию в соответствии с 9.7 и периодически передавать блинк-посылки в соответствии с 9.2.5. Значения параметров в состоянии «По умолчанию» (Default state) приведены в таблице 42.

9.2.1.1 Условие нахождения вне зоны действия инфраструктуры

Если метка не получает команд или пакетов «Подтверждение» (Ack) от приемопередатчиков системы RTLS в течение $T_{Contact}$, то она должна предположить, что покинула зону действия инфраструктуры.

9.2.2 Состояние «Ожидание» (Wait state)

Метка должна переходить в состояние «Ожидание» (Wait state) при получении команды «Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState(Wait)) или при выходе из режима «Энергосбережение» (Sleep state). При переходе в состояние «Ожидание» (Wait state) приложение метки должно проверить последний полученный пакет команд на предмет наличия команды, ожидающей обработки. При наличии команды, ожидающей обработки, она должна быть выполнена. Если при выполнении последней команды состояние метки не изменилось, то метка должна включить свой приемник и ожидать дальнейших команд.

Метка должна переходить из состояния «Ожидание» (Wait state) в состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state) при получении команды «Переключение в состояние» (SwitchState) или при отсутствии команд смены состояния в течение максимальной длительности ожидания (WaitMaxDuration).

9.2.3 Состояние «Измерение расстояния» (Range state)

Метка переходит в состояние «Измерение расстояния» (Range state) при получении команды «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range)). В данном состоянии метка должна выполнить операцию измерения расстояния X раз совместно с приемопередатчиками системы RTLS в соответствии с установленным командой «Установка одноранговых узлов определения расстояния» (SetRangingPeers) списком этих приемопередатчиков системы RTLS.

Метка должна покинуть состояние «Измерение расстояния» (Range state) при поступлении любой команды «Переключение в состояние» (SwitchState).

Метка должна перейти из состояния «Измерение расстояния» (Range state) в состояние «Ожидание» (Wait state) на время WaitMaxDuration = $T_{WaitAfterRange}$ после завершения X операций измерения расстояния.

9.2.4 Состояние «Энергосбережение» (Sleep state)

Метка переходит в состояние «Энергосбережения» (Sleep state) на срок X мс при получении соответствующей команды. В состоянии «Энергосбережение» (Sleep state) метка должна деактивировать свой приемник и передатчик.

По истечении срока нахождения в состоянии «Энергосбережение» (Sleep state) метка должна перейти в состояние «Ожидание» (Wait state) на время WaitMaxDuration = $T_{WaitDefault}$. Подробная информация о параметре X приведена в 9.3.1.7.1.

9.2.5 Состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state)

Метка переходит в состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state) при получении команды «Переключение в состояние «Передача блинк-посылки» (SwitchState(Blink)) при превышении лимита времени нахождения в состоянии «Ожидание» (Wait). В состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state) метка периодически передает пачку пакетов (одну блинк-посылку), состоящих из N_{sub} одинаковых широковещательных пакетов (блинк-подпосылок, англ. – sub-blink) в соответствии с рисунком 29.

Каждая M_{Blink} блинк-посылка должна состоять из одной единственной блинк-подпосылки, за которой следует окно приема, во время которого должен быть включен приемник приемопередатчика системы RTLS на период не менее T_{Rxon}. На протяжении длительности окна приема метка ожидает получения команд от любого приемопередатчика инфраструктуры системы RTLS. Команды должны быть исполнены сразу после закрытия окна приема. В случае получения противоречивых команд от разных приемопередатчиков инфраструктуры системы RTLS командам должны быть назначены приоритеты в соответствии с 9.3.8.

Метка должна покинуть состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state) при получении команды «Переключение в состояние» (SwitchState) или при выявлении условия нахождения вне зоны действия инфраструктуры в соответствии с 9.2.1.1.

9.2.5.1 Рандомизация интервала передачи блинк-посылки

Интервал начала передачи последующих блинк-посылок должен быть случайным с добавлением случайного смещения T_{Rand} и времени T_{Blink}.

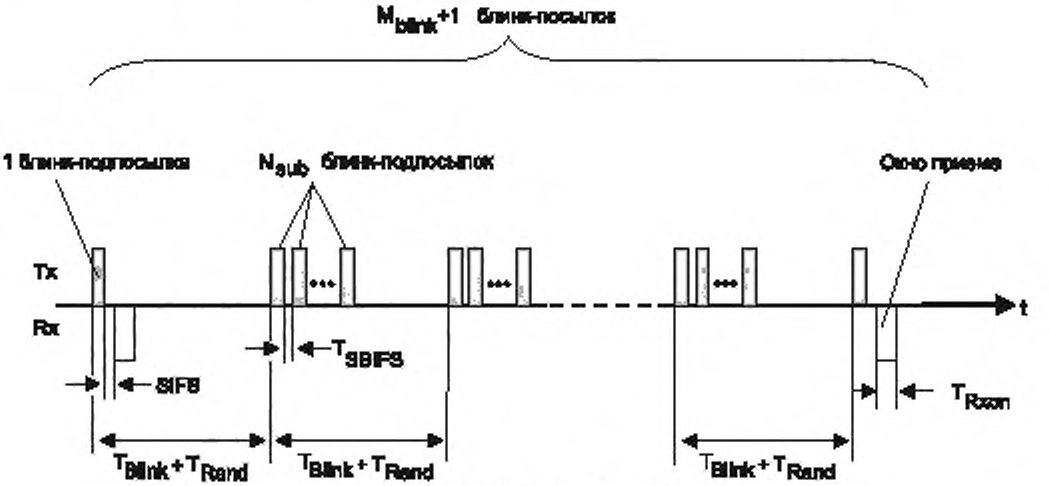


Рисунок 29 – Режим передачи блинк-посылки

Временные параметры приведены в таблице 41.

9.2.6 Переход между состояниями

Допустимые переходы между вышеупомянутыми состояниями приведены в таблице 23. В большинстве случаев переход между состояниями инициируется командой «Переключение в состояние» (SwitchState).

Кроме команды «Переключение в состояние» (SwitchState), следующие события могут инициировать переход состояния:

1) выполнены условия нахождения вне зоны действия инфраструктуры. В данном случае метка переходит в состояние «По умолчанию» (Default state);

2) истекло время WaitMaxDuration. В данном случае метка переходит в состояние «Передача блинк-посылки» (Blink state);

3) истек срок нахождения в состоянии «Энергосбережение» (Sleep state). В данном случае метка переходит в состояние «Ожидание» (Wait state);

4) выполнены циклы измерения расстояния. В данном случае метка переходит в состояние «Ожидание» (Wait state).

Таблица 23 – Переходы между состояниями прикладного уровня

Предыдущее/ новое	По умолчанию (Default)	Передача блинк-посылки (Blink)	Измерение расстояния (Range)	Ожидание (Wait)	Энергосбережение (Sleep)
По умолчанию (Default)	1 Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState-(Default))	2 Переключение в состояние передачи блинк-посылки (SwitchState-(Blink))	3 Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState-(Range))	4 Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState-(Wait))	5 Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState-(Sleep))
Передача блинк-посылки (Blink)	6 Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState-(Default))	8 Переключение в состояние передачи блинк-посылки (SwitchState-(Blink))	9 Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState-(Range))	10 Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState-(Wait))	11 Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState-(Sleep))
	7 Нахождение вне зоны действия инфраструктуры				

Окончание таблицы 23

Предыдущее/ новое	По умолчанию (Default)	Передача блинк-посылки (Blink)	Измерение расстояния (Range)	Ожидание (Wait)	Энергосбережение (Sleep)
Измерение расстояния (Range)	12 Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState-(Default))	14 Переключение в состояние передачи блинк-посылки (SwitchState-(Blink))	15 Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState-(Range))	16 Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState-(Wait))	18 Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState-(Sleep))
	13 Нахождение вне зоны действия инфраструктуры			17 Выполнены циклы измерения расстояния	
Ожидание (Wait)	19 Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState-(Default))	20 Переключение в состояние передачи блинк-посылки (SwitchState-(Blink))	22 Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState-(Range))	23 Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState-(Wait))	24 Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState-(Sleep))
		21 Тайм-аут по максимальной длительности ожидания (WaitMax-Duration)			
Энергосбережение (Sleep)				25 По истечении времени нахождения в состоянии «Энергосбережение» (Sleep)	

9.3 Команды метки

Команды должны начинаться с командного поля, которое содержит код команды в соответствии с таблицей 24.

Таблица 24 – Команды метки на прикладном уровне

Наименование команды	Код команды
«Переключение в состояние» (SwitchState)	01h
«Установить настроечный вектор» (SetConfigVector)	02h
«Получить настроечный вектор» (GetConfigVector)	82h
«Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers)	03h
«Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers)	04h
«Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers)	83h

Зарезервированные и определяемые пользователем коды команд приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Зарезервированные и определяемые пользователем коды команд

Статус	Диапазон кодов команд
«Зарезервировано» (Reserved)	0
«Зарезервировано» (Reserved)	05h..40h
«Определяется пользователем» (User defined)	41..7Fh
«Зарезервировано» (Reserved)	80h
«Зарезервировано» (Reserved)	84h..C0h
«Определяется пользователем» (User defined)	C1h..FFh

9.3.1 Команда «Переключение в состояние» (SwitchState)

Формат команды «Переключение в состояние» (SwitchState) приведен на рисунке 30.

Command code	Reserved	New state code	Parameters
8	4	4	Зависит от кода нового состояния

Рисунок 30 – Формат команды «Переключение в состояние» (SwitchState)

9.3.1.1 Поле «Код нового состояния» (New State Code)

Состояние метки должно перейти к состоянию, код которого приведен в таблице 21.

9.3.1.2. Поле «Параметры» (Parameters)

Поле «Параметры» (Parameters) должно содержать параметры нового состояния в соответствии с таблицей 26.

Таблица 26 – Параметры перехода между состояниями

Новое состояние	Параметр
«По умолчанию» (Default state)	–
«Передача блинк-посылки» (Blink state)	T_{Blink}, M_{Blink}, T_{Rxon}
«Ожидание» (Wait state)	$T_{WaitMaxDuration}$
«Измерение расстояния» (Range state)	Type (…), report (…), repetition (…)
«Энергосбережение» (Sleep state)	Duration (…)

9.3.1.3 Команда «Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState(Default))

Формат команды «Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState(Default)) приведен на рисунке 31.

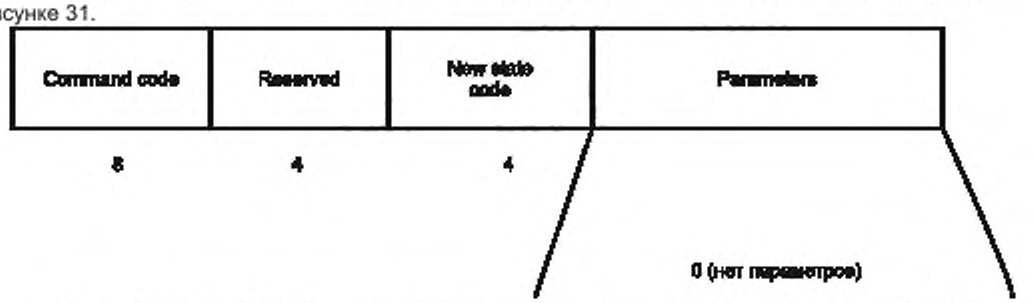


Рисунок 31 – Формат команды «Переключение в состояние «По умолчанию» (SwitchState(Default))

9.3.1.4. Команда «Переключение в состояние «Передача блинк-посылки» (SwitchState(Blink))

Формат команды «Переключение в состояние «Передача блинк-посылки» (SwitchState(Blink)) приведен на рисунке 32.

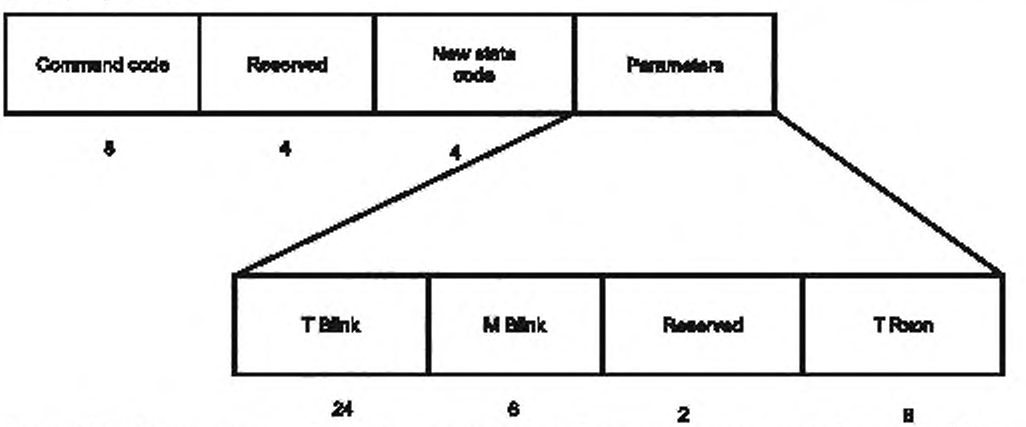


Рисунок 32 – Формат команды «Переключение в состояние «Передача блинк-посылки» (SwitchState(Blink))

9.3.1.4.1 Подполе «Длительность передачи блинк-посылки» (T_Blink)

Значение T_{Blink} данного подполя должно быть представлено 24-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Оно содержит параметр T_{Blink} в соответствии с рисунком 29.

9.3.1.4.2 Подполе M_Blink

Значение M_{Blink} данного подполя должно быть представлено 6-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Оно содержит параметр M_{Blink} в соответствии с 9.2.5.

9.3.1.4.2 Подполе «Длительность окна приема» (T_Rxon)

Значение T_{Rxon} данного подполя должно быть представлено 8-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Оно содержит значение длительности окна приема в миллисекундах, представленное на рисунке 29.

9.3.1.5 Команда «Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState (Wait))

Формат команды «Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState (Wait)) приведен на рисунке 33.

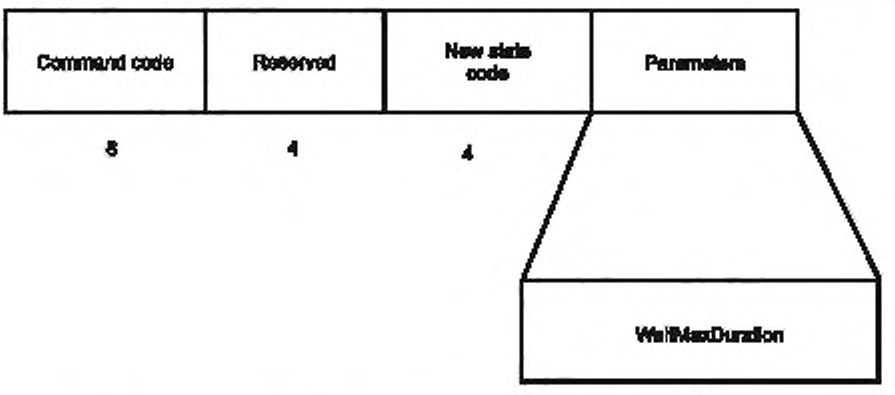


Рисунок 33 – Формат команды «Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState (Wait))

9.3.1.5.1 Подполе «Максимальная длительность ожидания» (WaitMaxDuration)

Значение подполя «Максимальная длительность ожидания» (WaitMaxDuration) должно быть представлено 24-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Оно содержит максимальное время в миллисекундах, в течение которого прикладной уровень метки находится в состояние «Ожидание» (Wait state) после поступления команды «Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState (Wait)). Если в течение этого времени не поступило команд «Переключение в состояние» (SwitchState), то прикладной уровень метки переходит в состояние «По умолчанию» (Default state).

9.3.1.6 Команда «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState (Range))

Формат команды «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState (Range)) приведен на рисунке 34.

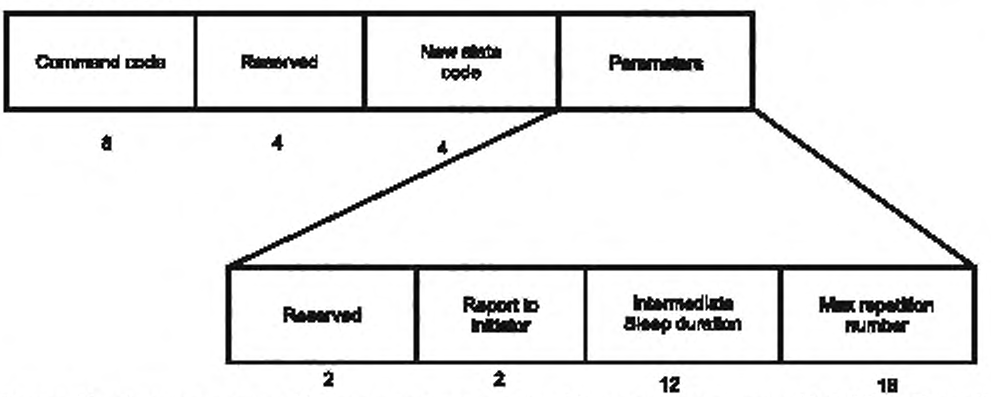


Рисунок 34 – Формат команды «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range))

При получении данной команды приемопередатчик системы RTLS должен начать процедуру измерения расстояния совместно с одноранговыми узлами измерения расстояния, определенными предыдущей командой «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers).

9.3.1.6.1 Подполе «Отчет инициатору» (Report to initiator)

Значение подполя «Отчет инициатору» (Report to initiator) должно быть представлено 2-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ.

0h – не передается отчет об измерении расстояния;

1h – после окончания процедуры измерения расстояния со всеми одноранговыми узлами измерения расстояния, приемопередатчик системы RTLS должен передать устройству считывания системы RTLS, которое послало последнюю команду «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range)), отчет об измерении расстояния;

02h – передается отчет об измерении расстояния широковещательными пакетами;

03h – зарезервировано.

9.3.1.6.2 Подполе «Длительность промежуточного режима энергосбережения» (Intermediate sleep duration)

Значение подполя «Длительность промежуточного режима энергосбережения» (Intermediate sleep duration) должно быть представлено 12-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ.

Подполе «Длительность промежуточного режима энергосбережения» (Intermediate sleep duration) определяет длительность нахождения приемопередатчика системы RTLS в состоянии «Энергосбережение» (Sleep state) после завершения процедуры обмена пакетами измерения расстояния с каждым одноранговым узлом измерения расстояния и передачи (если требуется) отчета об измерении расстояния.

9.3.1.6.3 Подполе «Максимальное число повторений» (Max repetition number)

Значение подполя «Максимальное число повторений» (Max repetition number) должно быть представлено 16-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ.

После того как приемопередатчик системы RTLS вышел из состояния «Энергосбережение» (Sleep state), он начинает заново выполнять процедуру измерения расстояния со всеми одноранговыми узлами измерения расстояния. Данная процедура выполняется столько раз, сколько указано в подполе «Максимальное число повторений» (Max repetition number).

9.3.1.7 Команда «Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState(Sleep))

Формат команды «Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState(Sleep)) приведен на рисунке 35.

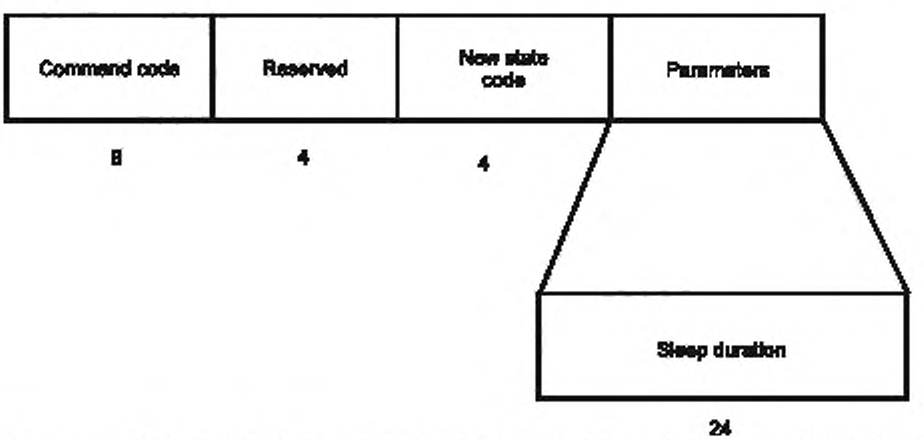


Рисунок 35 – Формат команды «Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState(Sleep))

9.3.1.7.1 Подполе «Длительность режима энергосбережения» (Sleep duration)

Значение подполя «Длительность режима энергосбережения» (Sleep duration) должно быть представлено 24-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Данное подполе определяет длительность нахождения приемопередатчика системы RTLS в режиме энергосбережения.

9.3.2 Команда «Установить настроечный вектор» (SetConfigVector)

Формат команды «Установить настроечный вектор» (SetConfigVector) приведен на рисунке 36.

Command code	Configuration vector
8	48

Рисунок 36 – Формат команды «Установить настроечный вектор» (SetConfigVector)

Параметры настроечного вектора (Configuration vector) приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Параметры настроечного вектора

Параметр	Разрядность	Допустимые значения
Модуляция	1	0= двухточечная ортогональная ЛЧМ 1= DQPSK-CSS
Комбинация ширины полосы частот/ центральной частоты	4	0..15 в соответствии с таблицей 2
Скорость передачи данных	1	0 = 1 Мбит/с 1 = 250 кбит/с
T_{Blink} по умолчанию	24	Целое число без знака из [0..2^{24}-1]
M_{Blink} по умолчанию	6	Целое число без знака из [0..2^{6}-1]
CSMA/CA	1	0= CSMA/CA включен 1= CSMA/CA отключен
Критерий обнаружения несущей частоты: детектирование энергии	1	0= включен 1= отключен
Порог детектирования энергии	2	Целое число без знака из [0..3] 0h= -30 dBm 1h= -50 dBm 2h= -70 dBm 3h= -90 dBm
Критерий обнаружения несущей частоты: физическое обнаружение несущей частоты	1	0= включен 1= отключен
Критерий обнаружения несущей частоты: виртуальное обнаружение несущей частоты	1	0= включен 1= отключен
Трехэтапное установление связи	1	0= включен 1= отключен
Зарезервировано	1	
$T_{WaitAfterRange}$	4	Целое число без знака из [0..15]
Последовательность под-сигналов с ЛЧМ в случае DQPSK-CSS	2	Целое число без знака из [0..3] 0= последовательность I 1= последовательность II 2= последовательность III 3= последовательность IV
Зарезервировано	6	

Приемопередатчик системы RTLS должен обновить свою конфигурацию в течение 25 мс после начала выполнения команды «Установить настроечный вектор» (SetConfigVector).

9.3.3 Команда «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector)

Формат команды «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector) приведен на рисунке 37.

Command code
8

Рисунок 37 – Формат команд «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector) и «Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers)

При получении команды «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector) приемопередатчик системы RTLS должен ответить соответствующим пакетом отчета в течение $T_{TimeoutApplication}$.

9.3.4 Команда «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers)

Формат команды «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) приведен на рисунке 38.

Command code	Reserved	Number of peers	MAC address of peer 1	Ranging packet exchange type for peer 1	Application ID of peer 1		MAC address of peer N	Ranging packet exchange type for peer N	Application ID of peer N
8	4	4	48	2	14		48	2	14

Рисунок 38 – Формат команд «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) и «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers)

Команда «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) используется инфраструктурой системы RTLS для информирования метки о том, с какими одноранговыми узлами следует выполнять процедуру измерения расстояния при дальнейшем выполнении команд «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range)).

При получении команды «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) метка должна переписать внутренний список одноранговых узлов измерения расстояния.

9.3.5 Команда «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers)

Формат команды «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers) приведен на рисунке 38.

Команда «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers) используется инфраструктурой системы RTLS для добавления одноранговых узлов в список одноранговых узлов метки для обмена пакетов измерения расстояния при дальнейшем выполнении команд «Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range)).

При получении команды метка должна добавить одноранговые узлы измерения расстояния во внутренний список одноранговых узлов, с которыми выполняется процедура измерения расстояния. Если размер передаваемого списка превышает размер списка, который поддерживает метка, то первая запись списка удаляется и добавляется новая запись. Размер списка одноранговых узлов измерения расстояния метки не превышает 15.

9.3.5.1 Подполе «MAC-адрес одноранговой узла X» (MAC address of peer X)

Подполе «MAC-адрес одноранговой узла X» (MAC address of peer X) должно содержать 48-битовый MAC-адрес одноранговой узла X.

9.3.5.2 Подполе «Тип обмена пакетами измерения расстояния одноранговой узла X» (Ranging packet exchange type for peer X)

Значение подполя «Тип обмена пакетами измерения расстояния одноранговой узла X» (Ranging packet exchange type for peer X) должно быть представлено 2-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. В соответствии с таблицей 28 значение данного подполя плюс один определяет, какой из четырех допустимых типов обмена пакетами измерения расстояния должен быть применен меткой с данным одноранговым узлом измерения расстояния.

Таблица 28 – Значения подполя «Тип обмена пакетами измерения расстояния одноранговой узла X» (Ranging packet exchange type for peer X)

Значения подполя «Тип обмена пакетами измерения расстояния одноранговой узла X» (Ranging packet exchange type for peer X)	Тип обмена пакетами измерения расстояния
0h	1
1h	2
2h	3
3h	4

9.3.5.3 Подполе «Прикладной идентификатор одноранговой узла X» (Application ID of peer X)

Подполе «Прикладной идентификатор одноранговой узла X» (Application ID of peer X) содержит 14-битовый идентификатор одноранговой узла. Данный идентификатор присваивается инфраструктурой с целью идентифицировать одноранговый узел в отчетах операций измерения расстояния (см. 9.4.6).

9.3.6 Команда «Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers)

Формат команды «Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers) приведен на рисунке 37.

При получении команды «Получить список одноранговых узлов изме-рения расстояния» (GetRangingPeers) приемопередатчик системы RTLS должен в течение $T_{TimeoutApplication}$ ответить соответствующим пакетом отчета.

9.3.7 Команда, определяемая пользователем

Формат любой команды, определяемой пользователем, должен соответствовать рисунку 39.

Command Code	Number of Octets	Подполе, определяемое пользователем
8	8	8 x число байтов

Рисунок 39 – Команда, определяемая пользователем

9.3.7.1 Подполе «Число байтов» (Number of Octets)

Подполе «Число байтов» должно содержать остаточное число байтов команд.

9.3.8 Приоритизация команд

Если метка при включенном приемнике получает разные команды от разных приемопередатчиков инфраструктуры системы RTLS, то применяются следующие правила:

1) любая команда, которая не вносит изменения в настроечный вектор или в состояние метки на прикладном уровне (например, «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) или «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRangingPeers)), должна быть выполнена при получении;

2) любая команда, которая может внести изменения в настроечный вектор или в состояние метки на прикладном уровне, должна выполняться в случае получения от приемопередатчика системы RTLS, который отправил команду с самым высоким приоритетом в соответствии с таблицей 29. Команды должны быть исполнены в том порядке, в котором они установлены в отмеченном пакете команды приложения;

Таблица 29 – Приоритеты прикладных команд

Наименование команды	Приоритет
«Установить конфигурацию» (SetConfig)	7
«Получить конфигурацию» (GetConfig)	6
«Получить одноранговые узлы измерения расстояния» (GetRangingPeers)	5
«Переключение в состояние «Энергосбережение» (SwitchState(Sleep))	4
«Переключение в состояние «Ожидание» (SwitchState(Wait))	3
«Переключение в состояние «Измерение расстояния» (SwitchState(Range))	2
«Переключение в состояние» («Передача блинк-посылки» или «По умолчанию») (SwitchState(Blink or Default))	1

3) в случае если при включенном приемнике метка получает команды с одинаковым приоритетом от разных приемопередатчиков системы RTLS, то она принимает к исполнению только последний полученный пакет команды.

9.4 Форматы пакетов метки

Прикладной уровень метки должен поддерживать четыре типа прикладных пакетов, приведенных в таблице 30.

Таблица 30 – Типы прикладных пакетов метки

Тип прикладного пакета метки	Прикладной управляющий код
«Измерение расстояния» (Ranging)	1h
«Команда» (Command)	2h
«Отчет» (Report)	3h
«Передача блинк-посылки» (Blink)	4h

Зарезервированные и определяемые пользователем коды типов прикладных пакетов метки приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Зарезервированные и определяемые пользователем коды типов прикладных пакетов метки

Статус	Прикладной управляющий код
«Зарезервировано» (Reserved)	0h
«Определяется пользователем» (User defined)	5h..7h

Тип прикладного пакета метки указывается прикладным управляющим кодом, размещенным в поле «Управление» (Ctrl) кадра MAC.

9.4.1 Прикладной пакет передачи блинк-посылки

Прикладной пакет передачи блинк-посылки должен быть широковещательным пакетом с форматом, приведенным на рисунке 40.

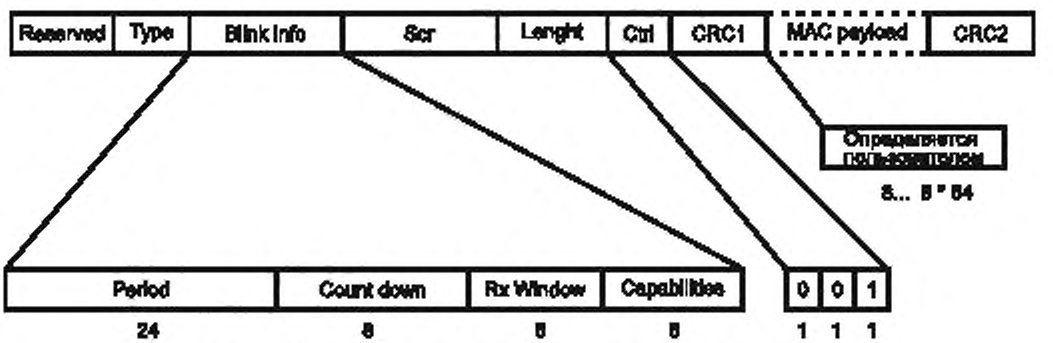


Рисунок 40 – Формат прикладного пакета передачи блинк-посылки

9.4.1.1 Подполе «Период» (Period)

Подполе «Период» (Period) должно содержать значение TBlink в миллисекундах, представленное в виде целого числа без знака, начинающегося с МЗБ.

9.4.1.2 Подполе «Обратный счет» (Count Down)

Подполе «Обратный счет» (Count Down) должно содержать число блинк-посылок, после которого метка должна включить свой приемник. Нулевое значение означает, что метка должна сразу после текущей блинк-подпосылки включить приемник на протяжении не менее TRxon. Значение данного подполя должно быть представлено в виде целого числа без знака, начинающегося с МЗБ.

9.4.1.3 Подполе «Окно приема» (Rx Window)

Подполе «Окно приема» (Rx Window) должно содержать ширину окна приема в миллисекундах, представленного в виде целого числа без знака, начинающего с МЗБ.

9.4.1.4 Подполе «Возможности» (Capabilities)

Подполе «Возможности» (Capabilities) должно содержать битовое поле, начинающееся с бита 0. Данное битовое поле указывает на возможности метки в соответствии с таблицей 32.

Таблица 32 – Подполе «Возможности» (Capabilities)

Номер бита	Возможность	Значение
0	DQPSK-CSS для связи	0= Возможность есть 1= Возможности нет
1	DQPSK-CSS для измерения расстояния	0= Возможность есть 1= Возможности нет
2	Перезапись T_{Blink}	0= Возможность есть 1= Возможности нет
3	Перезапись M_{Blink}	0= Возможность есть 1= Возможности нет
4, 5, 6, 7	Зарезервировано	

9.4.2 Прикладной пакет команд

Формат прикладного пакета команд приведен на рисунке 41.

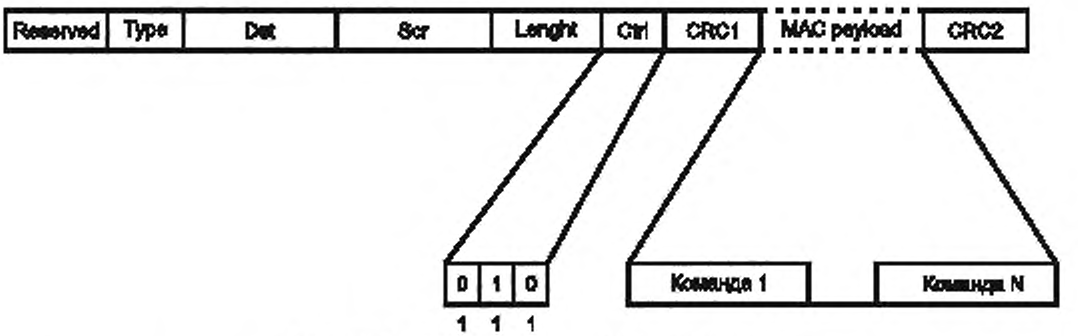


Рисунок 41 – Формат прикладного пакета команд

Должна быть обеспечена возможность размещения одной или нескольких команд в передаваемых данных MAC прикладного пакета «Данные» (Data). Команды должны быть исполнены прикладным уровнем метки строго в том порядке, в котором они получены.

Длина передаваемых данных MAC прикладного пакета команд не должна превышать 128 байтов.

Примечание – В соответствии с 9.1 предполагается, что пакеты команд направляются устройствами инфраструктуры системы RTLS меткам. Следовательно, разработчики инфраструктуры системы RTLS должны обеспечить выбор команд или последовательностей команд, соответствующих заданной цели.

9.4.3 Прикладной пакет «Отчет» (Report)

Прикладные пакеты отчетов передаются меткой в ответ на команды «Получить» (Get).

Формат прикладных пакетов отчетов приведен на рисунке 42.

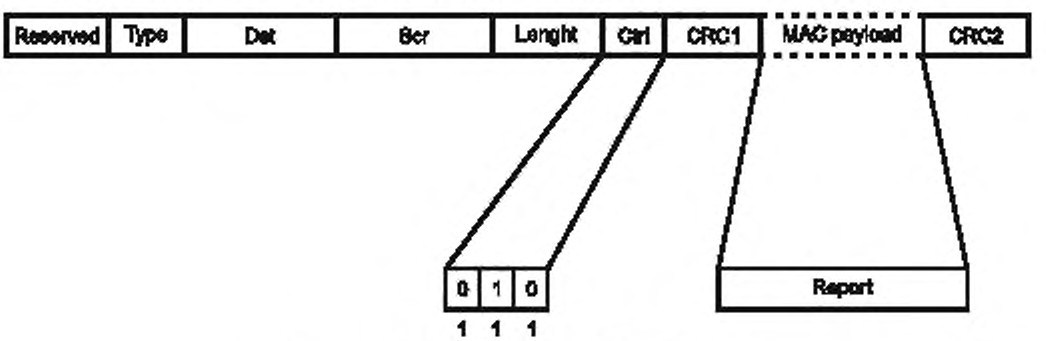


Рисунок 42 – Формат прикладных пакетов отчетов

Поддерживаемые прикладные пакеты отчетов метки приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Коды прикладных пакетов отчетов

Название отчета	Код отчета
Отчет по команде «Измерение расстояния» (Ranging report)	81h
Отчет по команде «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector report)	82h
Отчет по команде «Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers report)	83h

Зарезервированные и определяемые пользователем коды прикладных пакетов отчетов приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Зарезервированные и определяемые пользователем коды прикладных пакетов отчетов

Статус	Код отчета
«Зарезервировано» (Reserved)	80h
«Зарезервировано» (Reserved)	84h .. FFh
«Определяется пользователем» (User defined)	0h .. 7Fh

9.4.4 Отчет по команде «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector report)

Формат отчета по команде «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector report) приведен на рисунке 43.

Report code	Configuration vector
8	48

Рисунок 43 – Формат отчета по команде «Получить настроечный вектор» (GetConfigVector report)

Конфигурационный вектор (Configuration vector) приведен в таблице 27.

9.4.5 Отчет по команде «Получить список одноранговых узлов изме-рения расстояния» (GetRangingPeers report)

Формат отчета по команде «Получить список одноранговых узлов изме-рения расстояния» (GetRangingPeers report) приведен на рисунке 44. Подполе «MAC-адрес одноранговой узла» (MAC Address of Peer), подполе «Тип обмена пакета измерения расстояния одноранговой узла» (Ranging Packet Exchange Type) и подполе «Прикладной идентификатор одноранговой узла» (Application ID of Peer) должны соответствовать подполям, определенным в 9.3.4.

Report code	Reserved	Number of peers	MAC address of peer 1	Ranging packet exchange type for peer 1	Application ID of peer 1		MAC address of peer N	Ranging packet exchange type for peer N	Application ID of peer N
	8	4	4	2	14		48	2	14

Рисунок 44 – Формат отчета по команде «Получить список одноранговых узлов измерения расстояния» (GetRangingPeers report)

9.4.6 Отчет по команде «Измерение расстояния» (Ranging report)

Формат отчета по команде «Измерение расстояния» (Ranging report) приведен на рисунке 45. Подполе «Тип обмена пакета измерения расстояния одноранговой узла» (Ranging Packet Txchange Type for Peer) и подполе «Прикладной идентификатор одноранговой узла» (Application ID of Peer) должны соответствовать подполям, определенным в 9.3.4.

Report code	Reserved	Number of peers	Ranging packet exchange type for peer 1	Application ID of peer 1	Distance to peer 1	RSSI of peer 1		Ranging packet exchange type for peer N	Application ID of peer N	Distance to peer N	RSSI of peer N
8	4	4	2	14	16	8		8	14	16	8

Рисунок 45 – Формат отчета по команде «Измерение расстояния» (Ranging report)

9.4.6.1 Подполе «Расстояние до однорангового узла» (Distance to Peer)

Значение подполя «Расстояние до однорангового узла» (Distance to Peer) должно быть представлено 16-битовым целым числом со знаком, начинающимся с МЗБ. Значения больше или равные нулю являются результатом измерения расстояния до однорангового узла в дециметрах. Отрицательные значения указывают на отсутствие результатов измерения расстояния и могут быть использованы для определяемых пользователем кодов ошибок.

9.4.6.2 Подполе «Индикатор уровня принимаемого сигнала однорангового узла» (RSSI of Peer)

Значение подполя «Индикатор уровня принимаемого сигнала однорангового узла» (RSSI of Peer) должно быть представлено 8-битовым целым числом со знаком, начинающимся с МЗБ. Значения ниже или равные нулю являются измерением в дБм в диапазоне +-6 дБм уровня сигнала, поступающего от однорангового узла. Значения больше нуля определяются пользователем.

9.4.7 Прикладной пакет измерения расстояния

Прикладной пакет измерения расстояния содержит код RTLS и код пакета измерения расстояния в соответствии с таблицей 35.

Таблица 35 – Коды пакетов измерения расстояния

Тип пакета измерения расстояния	Управляющий код RTLS	Код пакета измерения расстояния
T1R1	1h	1h
T1R2	1h	2h
T1R3	1h	3h
T2R1	1h	4h
T2R2	1h	5h
T2R3	1h	6h
T3R1	1h	7h
T3R2	1h	8h
T4R1	1h	9h
T4R2	1h	Ah

Зарезервированные и определяемые пользователем коды пакета измерения расстояния приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Зарезервированные и определяемые пользователем коды пакета измерения расстояния

Статус	Управляющий код RTLS	Код пакета измерения расстояния
«Зарезервировано» (Reserved)	1h	0h
«Определяется пользователем» (User defined)	1h	80h .. FFh

9.4.7.1 Поле «Прикладной пакет измерения расстояния» (Application ranging packet field)

Данное поле может содержать один или несколько нижеописанных полей.

9.4.7.2 Поле «Код пакета измерения расстояния» (Ranging packet code field)

Значение данного поля должно быть представлено 8-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ, и соответствовать таблице 35.

9.4.7.3 Поле «Время ответа» (Treply)

Значение поля «Время ответа» (Treply) должно быть представлено 24-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Данное поле содержит значение времени в единицах, соответствующих 0,1 нс.

9.4.7.4 Поле «Время прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях» (Tround)

Значения поля «Время прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях» (Tround) должно быть представлено 24-битовым целым числом без знака, начинающимся с МЗБ. Данное поле содержит значение времени в единицах, соответствующих 0,1 нс.

9.4.7.4.1 Тип 1, измерение расстояния 1 (T1R1)

Формат пакета измерения расстояния T1R1 приведен на рисунке 46.

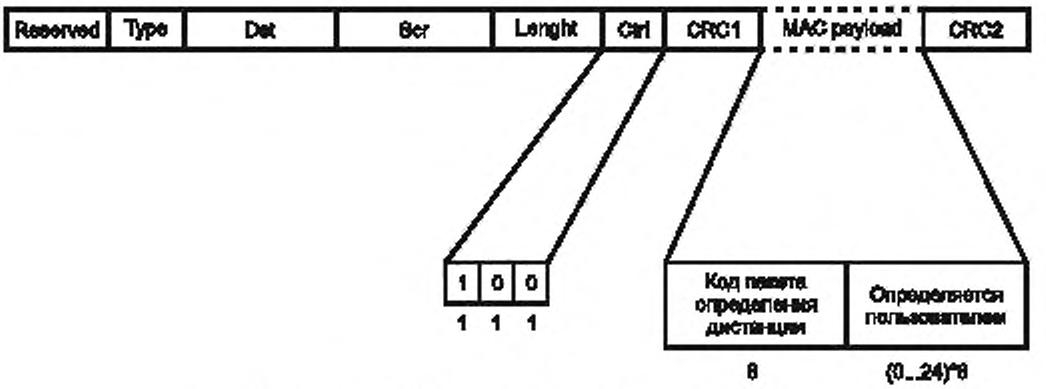


Рисунок 46 – Формат пакета измерения расстояния T1R1

9.4.7.4.2 Тип 1, измерение расстояния 2 (T1R2)

Формат пакета измерения расстояния T1R2 приведен на рисунке 47.

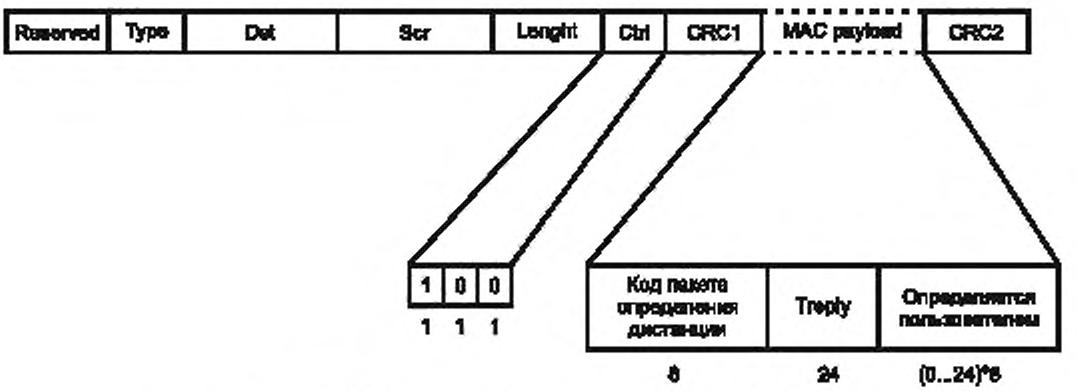


Рисунок 47 – Формат пакета измерения расстояния T1R2

9.4.7.4.3 Тип 1, измерение расстояния 3 (T1R3)

Формат пакета измерения расстояния T1R3 приведен на рисунке 48.

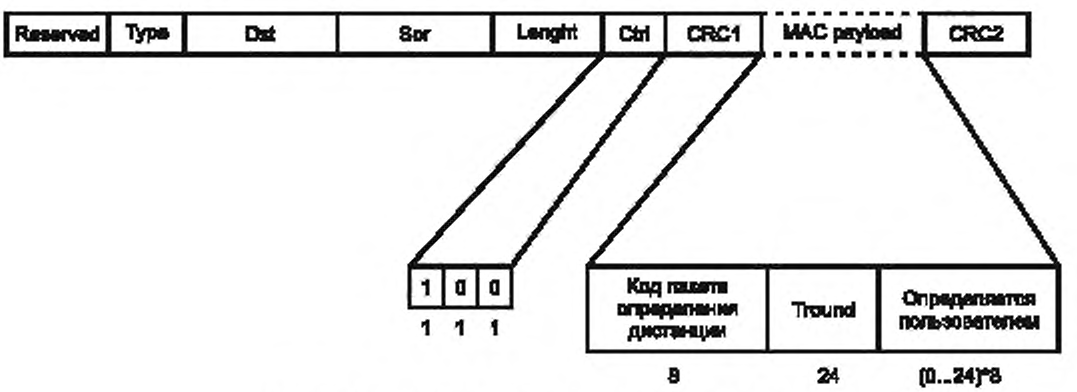


Рисунок 48 – Формат пакета измерения расстояния T1R3

9.4.7.4.4 Тип 2, измерение расстояния 1 (T2R1)
Формат пакета измерения расстояния T2R1 приведен на рисунке 49.

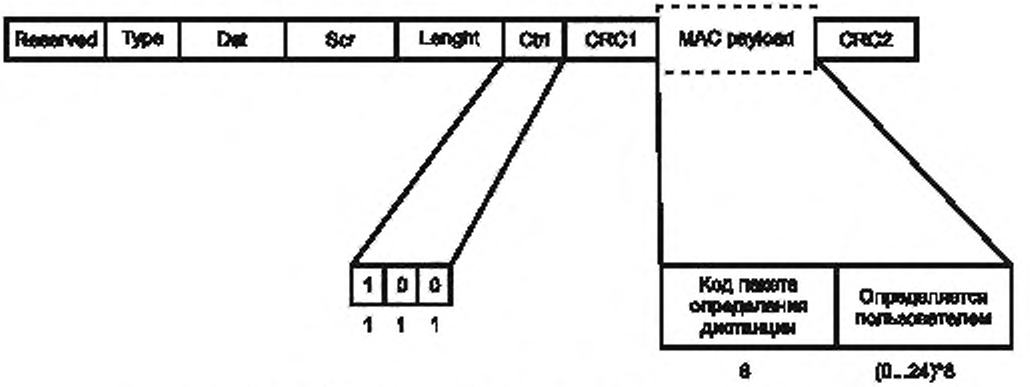


Рисунок 49 – Формат пакета измерения расстояния T2R1

9.4.7.4.5 Тип 2, измерение расстояния 2 (T2R2)
Формат пакета измерения расстояния T2R2 приведен на рисунке 50.

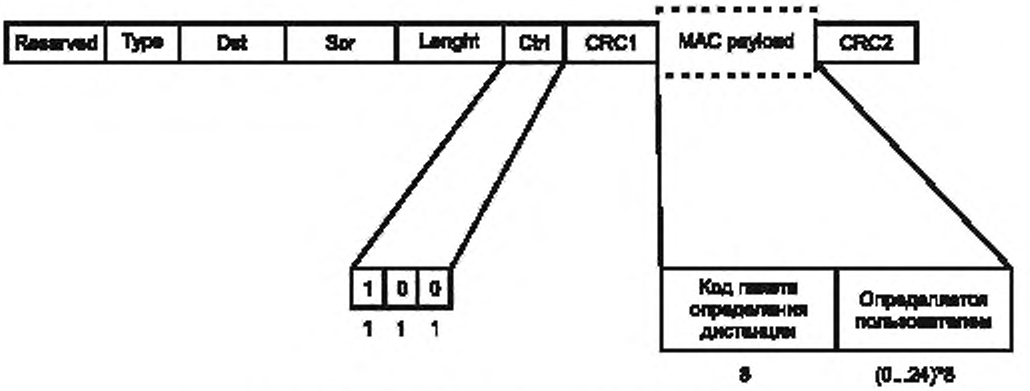


Рисунок 50 – Формат пакета измерения расстояния T2R2

9.4.7.4.6 Тип 2, измерение расстояния 3 (T2R3)
Формат пакета измерения расстояния T2R3 приведен на рисунке 51.

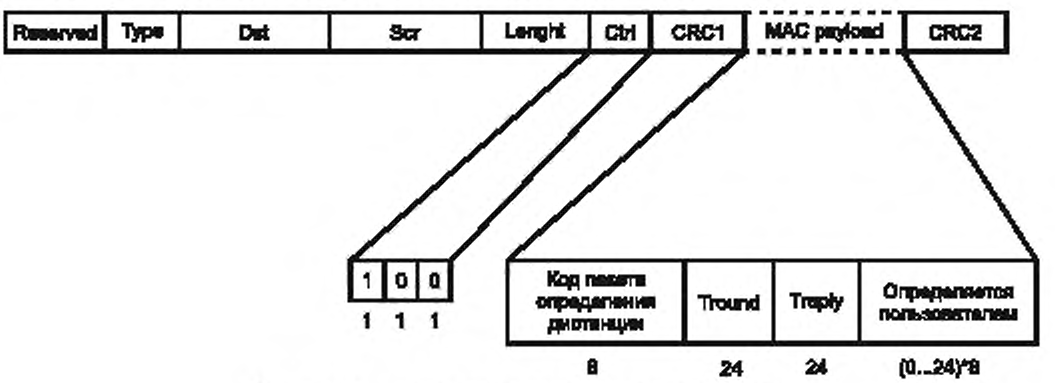


Рисунок 51 – Формат пакета измерения расстояния T2R3

9.4.7.4.7 Тип 3, измерение расстояния 1 (T3R1)

Формат пакета измерения расстояния T3R1 приведен на рисунке 52.

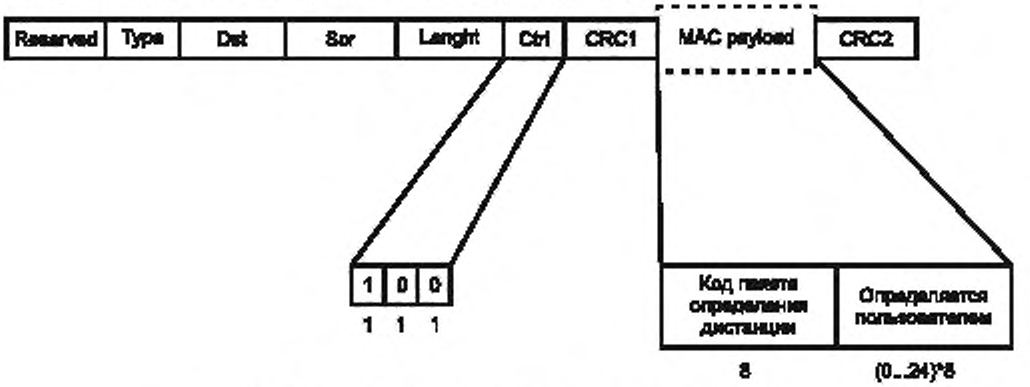


Рисунок 52 – Формат пакета измерения расстояния T3R1

9.4.7.4.8 Тип 3, измерение расстояния 2 (T3R2)

Формат пакета измерения расстояния T3R2 приведен на рисунке 53.

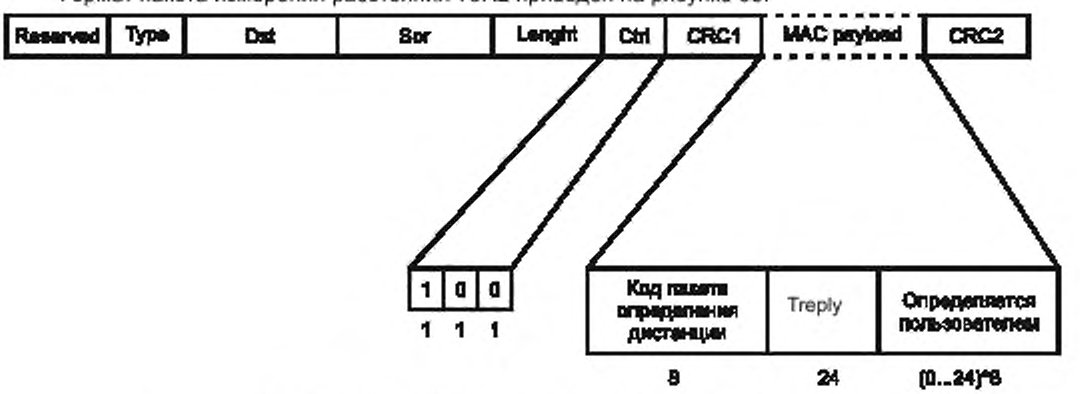


Рисунок 53 – Формат пакета измерения расстояния T3R2

9.4.7.4.9 Тип 4, измерение расстояния 1 (T4R1)

Формат пакета измерения расстояния T4R1 приведен на рисунке 54.

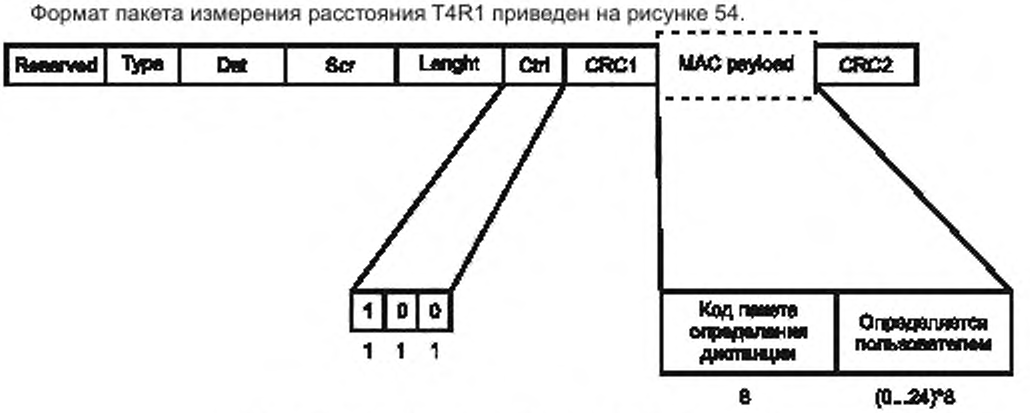


Рисунок 54 – Формат пакета измерения расстояния T4R1

9.4.7.4.10 Тип 4, измерение расстояния 2 (T4R2)

Формат пакета измерения расстояния T4R2 приведен на рисунке 55.

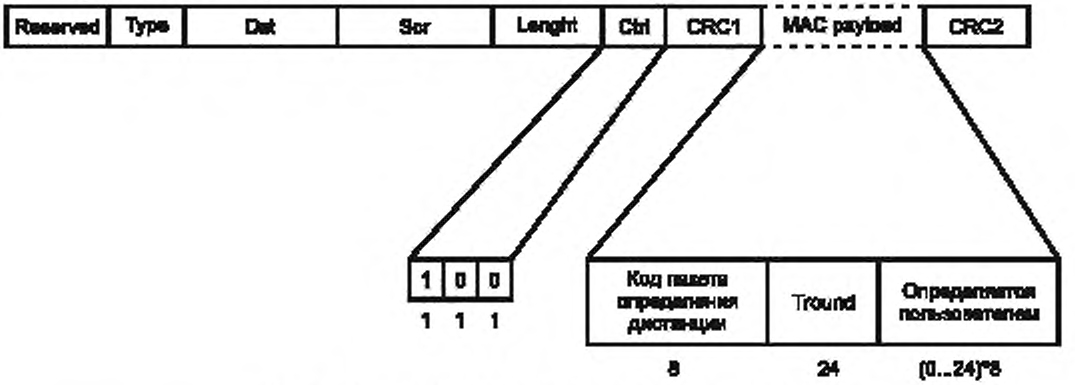


Рисунок 55 – Формат пакета измерения расстояния T4R2

9.5 Обмен пакетами измерения расстояния

Четыре типа обмена пакетами между двумя приемопередатчиками системы RTLS должны быть поддержаны. Данные типы обмена отличаются числом переданных пакетов и тем, какой из приемопередатчиков системы RTLS обладает достаточной информацией для вычисления расстояния после завершения обмена пакетами измерения расстояния между приемопередатчиками системы RTLS.

9.5.1 Обмен пакетами измерения расстояния типа 1

Обмен пакетами измерения расстояния типа 1 выполняется в три этапа в соответствии с таблицей 37 и рисунком 56. После окончания обмена пакетами измерения расстояния приемопередатчик А обладает всей информацией для вычисления расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS.

Таблица 37 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 1

Этап	Описание
1	Приемопередатчик А передает приемопередатчику В пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T1R1 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
2	Приемопередатчик В передает приемопередатчику А пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T1R2 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
3	Приемопередатчик В передает приемопередатчику А пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T1R3 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)

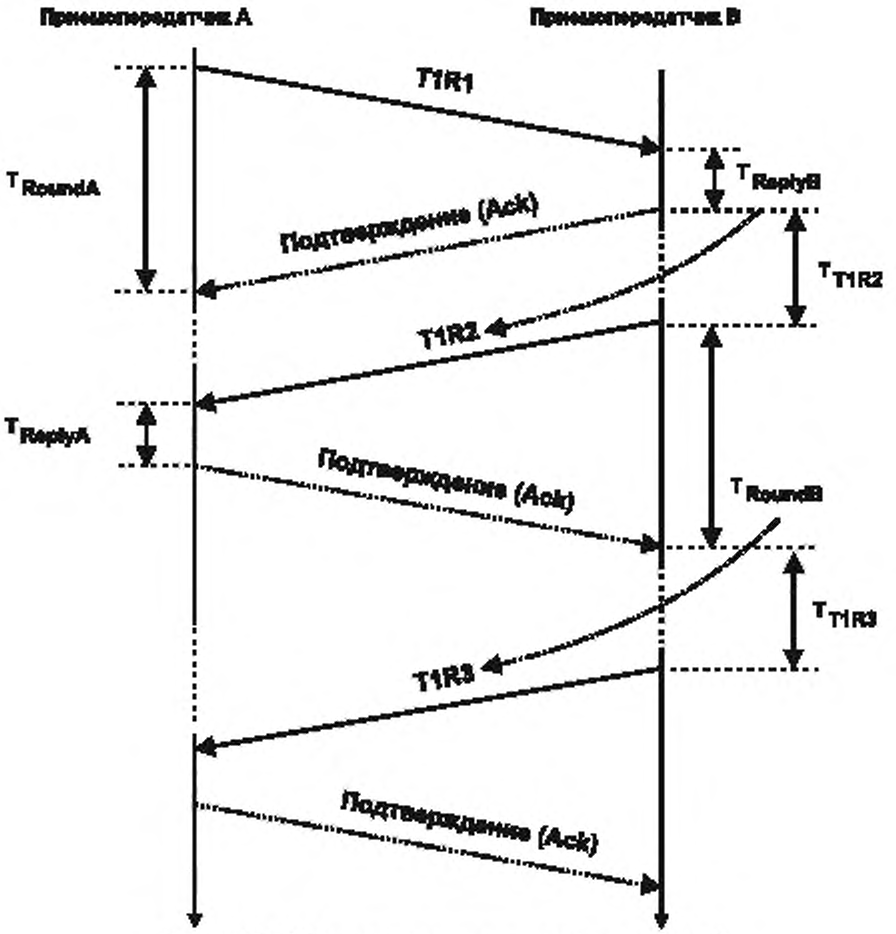


Рисунок 56 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 1

9.5.2 Обмен пакетами измерения расстояния типа 2

Обмен пакетами измерения расстояния типа 2 выполняется в три этапа в соответствии с таблицей 38 и рисунком 57. После окончания обмена пакетами измерения расстояния приемопередатчик B обладает всей информацией для вычисления расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS.

Таблица 38 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 2

Этап	Описание
1	Приемопередатчик A передает приемопередатчику B пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T2R1 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
2	Приемопередатчик B передает приемопередатчику A пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T2R2 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
3	Приемопередатчик A передает приемопередатчику B пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T2R3 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)

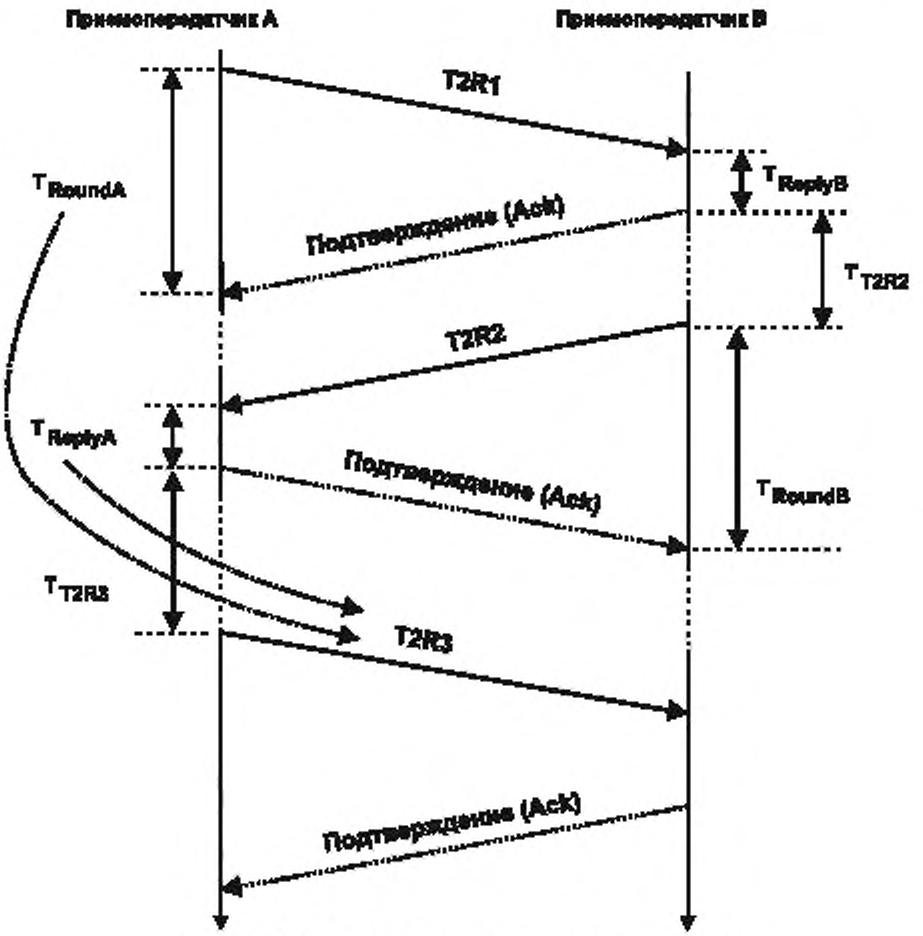


Рисунок 57 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 2

9.5.3 Обмен пакетами измерения расстояния типа 3

Обмен пакетами измерения расстояния типа 3 выполняется в два этапа в соответствии с таблицей 39 и рисунком 58. После окончания обмена пакетами измерения расстояния приемопередатчик А обладает всей информацией для вычисления расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS.

Таблица 39 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 3

Этап	Описание
1	Приемопередатчик А передает приемопередатчику В пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T3R1 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
2	Приемопередатчик В передает приемопередатчику А пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T3R2 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)

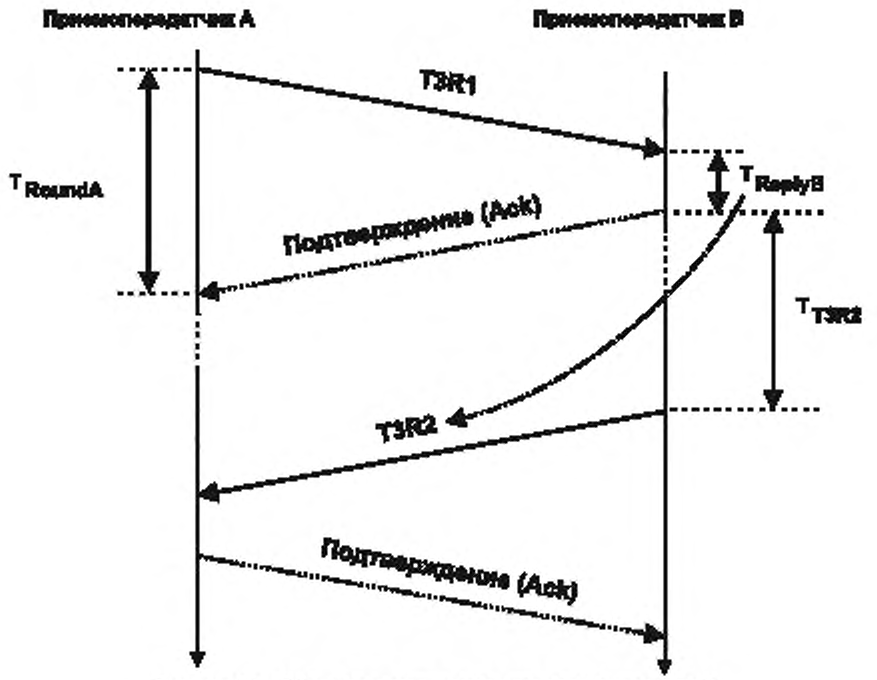


Рисунок 58 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 3

9.5.4 Обмен пакетами измерения расстояния типа 4

Обмен пакетами измерения расстояния типа 4 выполняется в два этапа в соответствии с таблицей 40 и рисунком 59. После окончания обмена пакетами измерения расстояния приемопередатчик B обладает всей информацией для вычисления расстояния между двумя приемопередатчиками системы RTLS.

Таблица 40 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 4

Этап	Описание
1	Приемопередатчик A передает приемопередатчику B пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T4R1 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)
2	Приемопередатчик A передает приемопередатчику B пакет данных MAC, содержащий в поле передаваемых данных пакет T4R2 прикладного уровня метки, и принимает пакет подтверждения (Ack)

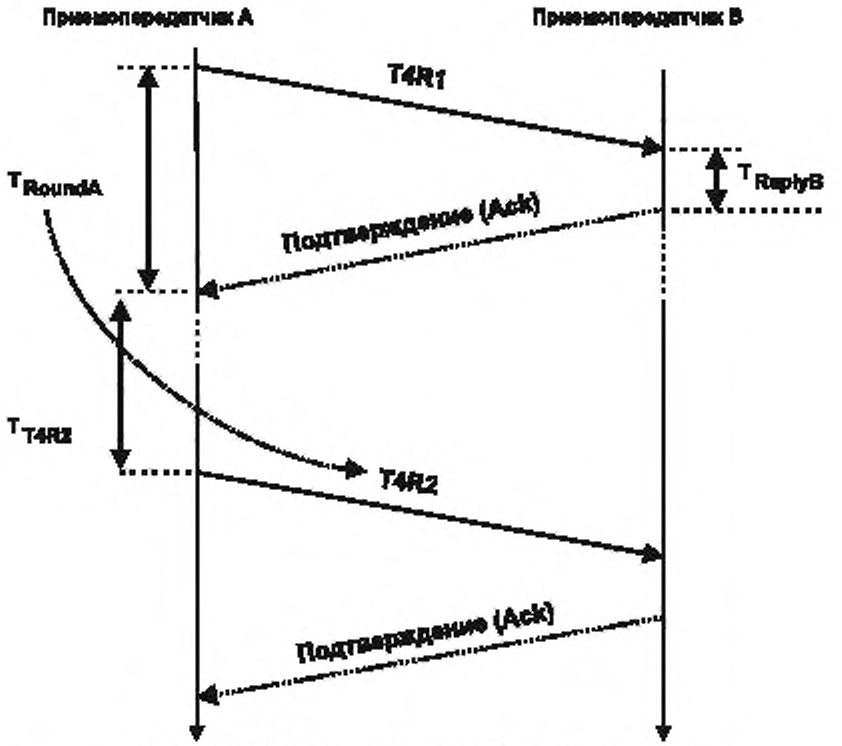


Рисунок 59 – Обмен пакетами измерения расстояния типа 4

9.6 Временные параметры

Временные параметры прикладного уровня метки приведены в таблице 41.

Таблица 41 – Временные параметры прикладного уровня метки

Временной параметр	Значение
«Короткий межкадровый промежуток» (SIFS – Short Inter Frame Space)	В соответствии с 8
«Время, разделяющее две блинк-подпосылки» (T_{SBIFS})	200 мкс< T_{SBIFS}< 500 мкс
«Среднее время повторения блинк-посылки» (T_{Blink})	Программируемое с шагом 1 мс в диапазоне от 1 мс до (2^{24}-1) мс
«Случайное значение времени» (T_{Rand})	Случайное число в диапазоне [-500 мкс .. 500 мкс] с шагом, равным или менее 250 мкс
«Длительность окна приема» (T_{Rxon})	Программируемое с шагом 1 мс в диапазоне от 1 мс до (2^{8}-1) мс
«Максимальное время ожидания получения меткой пакетов от инфраструктуры» ($T_{Contact}$)	5 T_{Blink}
«Тайм-аут прикладного уровня» ($T_{TimeoutApplication}$)	5 мс
«Длительность ожидания после измерения расстояния» ($T_{WaitAfterRange}$)	Настраиваемое конфигурационным вектором

9.7 Профиль по умолчанию

Профиль по умолчанию характеризуется параметрами, приведенными в таблице 42.

Таблица 42 – Параметры профиля по умолчанию

Параметр	Значение
Модуляция	Двухточечная ортогональная ЛЧМ
Ширина полосы частот	80 МГц
Центральная частота	2441,75 МГц
Скорость передачи данных	1 Мбит/с
«Среднее время повторения блинк-посылки» (T_{Blink})	Программируемое пользователем в диапазоне [50 .. 2^{24}-1]
Возможность перезаписи T_{Blink}	Программируемое пользователем
«Длительность окна приема» (T_{Rxon})	5мс
M_{Blink}	Программируемое пользователем в диапазоне [0,1,2…64]
Возможность перезаписи M_{Blink}	Программируемое пользователем
«Число блинк-подпосылок» (N_{Sub})	Программируемое пользователем в диапазоне [1,2…8]
CSMA/CA для пакетов данных	Выключен

9.8 Обработка ошибок

Если приемопередатчик системы RTLS получает пакет с неизвестными или неверными значениями параметров или кодов, а также он не может быть обработан по какой-либо причине, то весь пакет должен быть проигнорирован, если не указано иное.

Приложение А
(справочное)

Допуски временной сетки при двунаправленном измерении расстояния

А.1 Двунаправленное измерение расстояния

Один из подходов выполнения измерения расстояния между двумя устройствами – двунаправленное измерение расстояния (ДНОД) в соответствии с рисунком А.1. Устройство А передает сообщение устройству В, запуская внутренний секундомер. Устройство В получает сообщение и запускает свой внутренний секундомер. После обработки полученного сообщения устройство В передает ответное сообщение устройству А, останавливая свой внутренний секундомер, который показывает время ответа устройства В, измеряемое устройством В. Устройство А получает ответное сообщение и останавливает свой внутренний секундомер, который показывает время прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях, измеряемое устройством А.

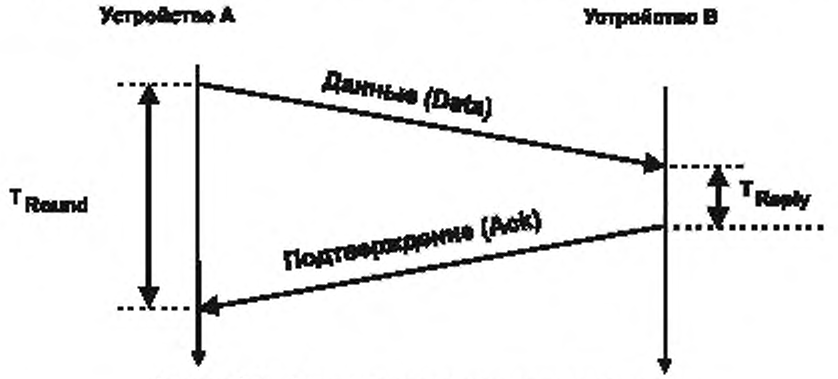


Рисунок А.1 – Двунаправленное измерение расстояния

Время распространения сигнала может быть вычислено в соответствии с уравнением (А.1):

$$T_p = \frac{T_{Round} - T_{Reply}}{2}. \quad (A.1)$$

Подробный анализ погрешностей приведен в стандарте [5] (см. D.1.2.1). Данный анализ показывает, что погрешность по времени в 40 миллионных долей (ppm) в сочетании с длительностью пакетов более чем 100 мкс приводит к тому, что ошибка оценки недопустимая.

В [5] приведены два метода для решения данной проблемы.

Первый метод, который называется «Определение ухода частоты кварцевого генератора с помощью цифровой следящей системы» (Characterizing crystal offsets with digital tracking loops) приведен 5.5.7.5.1 (см. [5]). Данный метод основывается на определении точных временных характеристик принимаемых пакетов с целью определения временного сдвига между приемником и передатчиком системы RTLS. Несмотря на отсутствие синхронизации временной развертки между двумя устройствами, использование данного метода приводит к удовлетворительным результатам измерения расстояния.

Второй метод называется «Симметричное двустороннее двунаправленное измерение расстояния» (СДС-ДНОД) («Symmetric double-sided two-way ranging», SDS-TWR) и приведен D.1.3.2 (см. [5]). Описание этого метода с использованием терминологии данного стандарта приведено ниже.

А.2 Симметричное двустороннее двунаправленное измерение расстояния

При использовании данного метода каждое устройство осуществляет измерение времени прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях, а также времени формирования ответного сообщения. На рисунке А.2 приведен пример использования метода СДС-ДНОД при обмене пакетами данных с подтверждением (Ack).

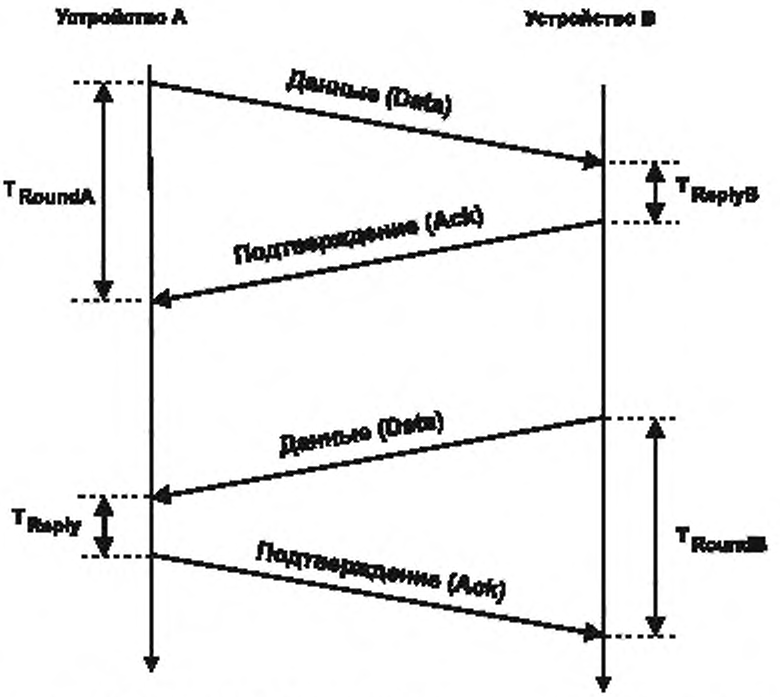


Рисунок А.2 – Метод СДС-ДНОД при обмене пакетами данных с подтверждением

Время распространения сигнала вычисляется в соответствии с уравнением (А.2):

$$\hat{T}_p = \frac{\hat{T}_{RoundA} - \hat{T}_{ReplyA} + \hat{T}_{RoundB} - \hat{T}_{ReplyB}}{4}. \quad (A.2)$$

Знак «^» обозначает оценочное значение, которое вычисляется в рамках отклонений временных разверток. Влияние отклонений временных разверток e_A, e_B описано уравнениями (А.3) – (А.6).

$$\hat{T}_{RoundA} = T_{RoundA}(1+e_A); \quad (A.3)$$

$$\hat{T}_{RoundB} = T_{RoundB}(1+e_A); \quad (A.4)$$

$$\hat{T}_{ReplyA} = T_{ReplyA}(1+e_B); \quad (A.5)$$

$$\hat{T}_{ReplyB} = T_{ReplyB}(1+e_B); \quad (A.6)$$

Детальный анализ этих уравнений в соответствии с приложением D 1.3.2 (см. [5]) приводит к уравнению (А.7):

$$(\hat{T}_p - T_p) \approx \frac{1}{4}(T_{ReplyB} - T_{ReplyA})(e_A - e_B). \quad (A.7)$$

Если e_{max} определяется как максимальное возможное значение e_A и e_B, то

$$\left|\hat{T}_p - T_p\right| < \frac{1}{2}\left|T_{ReplyB} - T_{ReplyA}\right| e_{max}. \quad (A.8)$$

Поскольку при обмене пакетами данных с подтверждением, в соответствии с разделом 8 настоящего стандарта, время формирования ответного сообщения известное и фиксированное, погрешность его приведена в разделе 6 настоящего стандарта, а разница между временем формирования ответных сообщений – менее 1 мкс, то ошибка оценки времени распространения сигнала будет менее 100 пс.

Приложение В
(справочное)

Совместимость

В.1 Рекомендации по совместимости

При эксплуатации различных беспроводных сетей связи, работающих в одной полосе частот, возникает вопрос – как эти сети влияют друг на друга. Так как для полосы частот 2,4 ГГц не требуется лицензии, то она используется для различных систем беспроводной радиосвязи. В настоящее время системы беспроводных локальных сетей, соответствующие стандарту [3], являются самыми распространенными системами радиосвязи, использующими полосу частот 2,4 ГГц. Многие другие беспроводные системы радиосвязи используют данную полосу частот. Пользователи систем, работающих в полосе частот, не требующей лицензии, должны быть осведомлены о возможных помехах от других систем. Разработчики, создающие системы, функционирующие в полосе частот, не требующей лицензии, должны применять методы, которые улучшают совместимость их систем с существующими системами или даже с будущими системами.

В.2 Определение параметров совместимости

В большинстве случаев взаимные помехи систем, работающих в одной полосе частот, равноценны системе, создающей минимальный уровень электромагнитных помех другим пользователям. Величина перекрытия частот, уровень радиочастотной плотности мощности (дБм/Гц) и радиочастотный профиль плотности мощности способствуют ухудшению качества сигнала, принимаемого другими системами. Величина внеполосовых помех, созданных источником помех, тоже является важной, особенно при наличии проблемы «в ближней – дальней зонах поля».

Очевидно, что плотность мощности, а следовательно, уровень мощности и значения полос частот являются ключевым параметрами, определяющими характеристики совместимости.

В.3 Другие системы с сопоставимыми полосами частот

В настоящем стандарте используются две полосы частот – 80 МГц и 22 МГц. Для оценки характеристик совместимости реализации системы, соответствующей настоящему стандарту, необходимо рассматривать характеристики совместимости такой системы с другими системами, именующими схожие параметры полос рабочих частот. Системы, соответствующие ИСО/МЭК 24730-2, также применяют полосу частот 80 МГц. В системах по стандартам [3] и [5], включая двухточечную ортогональную ЛЧМ в соответствии с 7.3 настоящего стандарта, используется полоса частот 22 МГц. Стоит отметить, стандарты комплекса ИИЭР 802 требуют детального анализа на предмет совместимости. Результаты использования ЛЧМ с анализом плотности мощностей в соответствии с В.2, которые показывают хорошие характеристики совместимости между системами, созданными по стандарту [5], и другими системами, работающими в полосе частот 2,4 ГГц, приведены в стандарте [5] (см. приложение Е).

В.4 Используемые методы

Следующие методы применяются для совместного использования среды между несколькими пользователями и/или разными системами.

В.4.1 Частотное разделение

Разные частотные каналы используются разными пользователями и/или системами.

В.4.2 Временное разделение

Разные пользователи и/или системы получают доступ в разное время. Данный метод доступен при включении CSMA/CA.

В.4.3 Кодовое разделение

Благодаря использованию импульсов с ЛЧМ обеспечивается кодовое разделение с другими системами, занимающими общую полосу частот, так как занимаемая полоса частот при использовании импульсов с ЛЧМ больше, чем требуется для передачи данных.

В.5 Особенности настоящего стандарта

Для обеспечения совместимости метки должны соответствовать настоящему стандарту. Соответствие контролируется инфраструктурой.

B.5.1 Соответствие меток настоящему стандарту в случае не нахождения в зоне действия инфраструктуры

Когда метка не находится под контролем соответствующей инфраструктуры, она находится в состоянии «По умолчанию» (Default state) и передает время от времени широковещательные пакеты, используя всю полосу частот 2,4 ГГц. С точки зрения совместимости на данном этапе метка схожа с метками ИСО/МЭК 24730-2. Несмотря на то что интервал между передачами блинк-посылок определяется пользователем, с целью увеличения срока службы батарейки данный интервал используется как можно дольше. Поэтому время занятости эфира минимизируется.

B.5.2 Соответствие меток настоящему стандарту в случае нахождения в зоне действия инфраструктуры

Во время нахождения метки в зоне действия инфраструктуры дополнительный трафик между меткой и инфраструктурой увеличивает продолжительность передачи. Но так как инфраструктура может передать меткам сообщения, то необходимо применять существующие возможности улучшения совместимости. Например, использование частотного и временного разделения.

B.5.2.1 Использование частотного разделения

Инфраструктура может идентифицировать или получать информацию о полосе частот беспроводной локальной вычислительной сети с наименьшей активностью. Данная частота является очевидным выбором для работы систем RTLS, соответствующих настоящему стандарту. Так как в настоящем стандарте используется та же схема разделения частот, что и для беспроводных локальных сетей, то инфраструктура может сообщить меткам о необходимости перехода на соответствующую свободную полосу частот.

Примечание – Подробное моделирование совместимости ЛЧМ с использованием схемы разделения частот беспроводных локальных сетей приведено в стандарте [5], приложение E.

B.5.2.2 Использование временного разделения

При обнаружении эфирной активности в используемой полосе частот инфраструктура может дать меткам команду включения CSMA/CA. Так как использование детектирования энергии для обнаружения несущей частоты является обычной практикой, например в ИИЭР 802.11, то вероятность коллизий минимальна.

B.5.3 Совместимость с ИСО/МЭК 24730-2

Так как настоящий стандарт и стандарт [2] являются разными по назначению и перечню возможностей, то предполагается, что только один из них будет соответствовать требованиям пользователя. Следовательно, осуществляется установка только одной из вышеуказанных систем. Также не рекомендуется совместное использование стандарта [2] и инфраструктуры с высокой плотностью меток, соответствующей настоящему стандарту. Однако если по какой-либо причине требуется совместное использование, то устройства, соответствующие настоящему стандарту, могут быть настроены для использования одной полосы частот с беспроводными локальными сетями.

B.5.3.1 Полоса частот

Совместное использование, в части полосы частот, настоящего стандарта с каналом беспроводной локальной сети сопоставимо с совместным использованием стандарта [2] с беспроводной локальной сетью.

B.5.3.2 Уровень излучаемой мощности

Совместное использование, в части уровня излучаемой мощности, настоящего стандарта с каналом беспроводной локальной сети возможно, если узлы соответствуют классу I или классу II излучаемой мощности, установленным в настоящем стандарте.

B.5.3.3 Временной график

Совместное использование, в части временного графика, настоящего стандарта с каналом беспроводной локальной сети ослаблено, так как беспроводные локальные сети оптимизированы для передачи пакетов TCP/IP (например, в стандарте [5], приложение E предполагается, что типовой пакет беспроводной локальной сети имеет длину 1500 байтов), в то время как в настоящем стандарте передаются в основном пакеты измерения расстояния, у которых длина передаваемых данных составляет несколько байтов. Даже если предположить, что данные беспроводной локальной сети передаются с высокой скоростью, то при применении настоящего стандарта продолжительность времени передачи будет меньше, чем в случае беспроводных локальных сетей.

Приложение С
(справочное)

Определение места нахождения метки из значений расстояния

В настоящем приложении приведено определение места нахождении метки из значений расстояния при условии, что инфраструктура получила значения расстояния между меткой и несколькими устройствами считывания системы RTLS с известными координатами. Место нахождения метки может быть вычислено по методу трилатерации в соответствии с рисунком С.1. Известно, что координаты метки по отношению к устройству считывания системы RTLS могут быть вычислены, исходя из места нахождения устройства считывания системы RTLS и расстояния между меткой и устройствами считывания системы RTLS. На рисунке С.1 расстояния обозначены d1, d2 и d3.

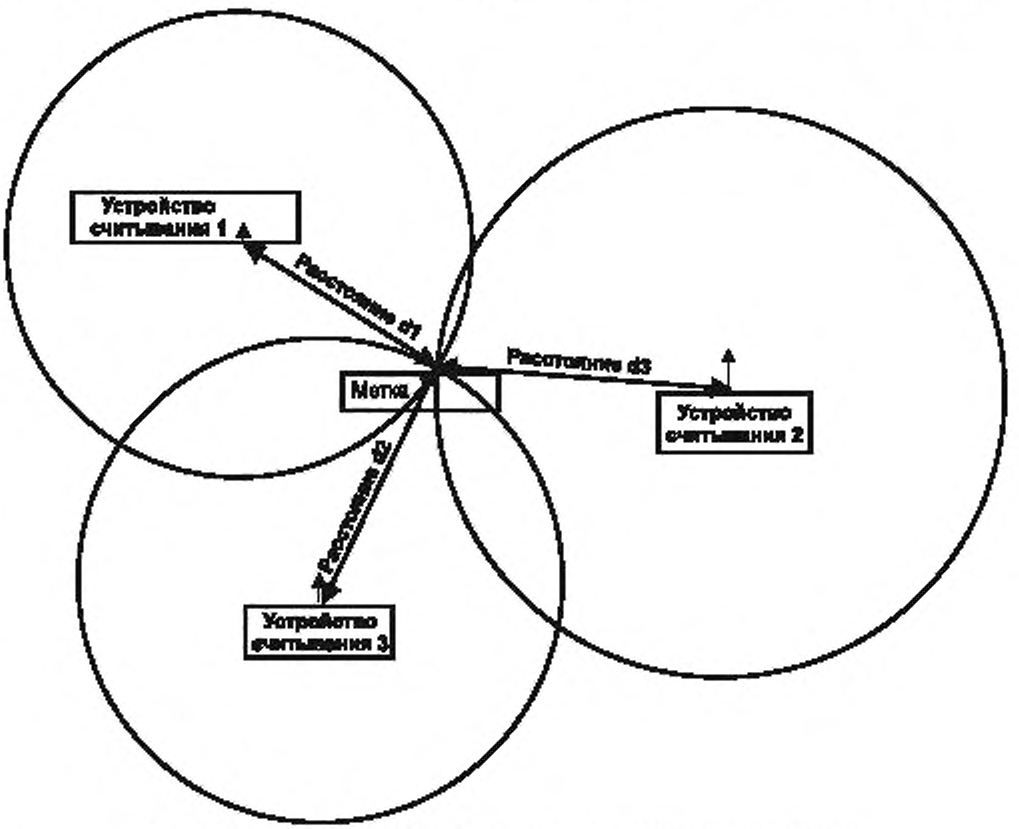


Рисунок С.1 – Определение места нахождения метки методом трилатерации

Математическое описание метода трилатерации приведено в стандарте [5], (см. приложение D.1), а также в стандарте [2], (см. приложение А). Стоит отметить, что решение уравнения трилатерации зависит от следующих параметров: точности цели, допуска по ошибке измерения расстояния и доступности вычислительных мощностей.

Приложение D
(справочное)

Место нахождения и роуминг меток

D.1 Введение

Метки разработаны для работы совместно с инфраструктурой, которая состоит из одной или нескольких базовых станций. Минимальное число базовых станций зависит от проблемы позиционирования, которую предстоит решить. Например, при ограниченной длине коридора достаточно установить одну базовую станцию в начале или в конце коридора.

Две или более инфраструктур могут быть соединены для создания сети систем для позиционирования.

В отсутствие инфраструктуры метка находится в состояние «По умолчанию» (Default state). В данном состоянии метка периодически передает сигнал. Данный сигнал является широковещательным, чтобы предупреждать о присутствии метки любую инфраструктуру, которая находится в зоне действия метки.

Когда инфраструктура получает сигнал от метки, то она может осуществить настройку метки и загрузить список базовых станций, с которыми осуществляется процедура измерения расстояния. Одна из команд настраивает интервалы передачи сигнала и выполнения измерения расстояния. Если число меток большое, то инфраструктура может увеличить интервал измерения расстояния для того чтобы метка реже занимала радиоканал. Если число меток маленькое, то интервал выполнения операции измерения расстояния может быть уменьшен для того чтобы чаще получать место нахождение метки.

Когда инфраструктура обнаруживает, что метка покидает зону ее действия, то метка переводится в состояние «По умолчанию» (Default state). Если метка потеряла связь с инфраструктурой, то она автоматически переходит в состояние «По умолчанию» (Default state) через пять периодов передачи блинк-посылки. Состояние «По умолчанию» (Default state) используется меткой для роуминга между инфраструктурами и для поиска инфраструктур.

D.2 Функциональное описание

Когда базовая станция обнаруживает метку, инфраструктура передает метке команду «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) или «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRaningPeers) со списком приемопередатчиков системы RTLS, которые будут использованы в качестве одноранговых узлов измерения расстояния. Метки идентифицируются своим MAC-адресом, который размещается в соответствующем поле команд. Получение меткой команд «Установить список одноранговых узлов измерения расстояния» (SetRangingPeers) и «Добавить одноранговые узлы измерения расстояния» (AddRaningPeers) не влечет за собой запуск процедуры измерения расстояния.

D.3 Передача результатов измерения расстояния

Если метка получает команду о передаче отчета об измерении расстояния, то она должна передать список одноранговых узлов измерения расстояния с соответствующими значениями расстояний. На основании полученных результатов измерений расстояний инфраструктура может вычислить координаты метки.

В качестве альтернативы метка может сама вычислить свое место нахождения при условии наличия дополнительных программных модулей и информации о месте нахождения одноранговых узлов измерения расстояния, передаваемой, например, в поля, определяемые пользователем предыдущих команд.

D.4 Гибридные узлы

Настоящий стандарт не регламентирует реализацию инфраструктуры системы RTLS. Тем не менее настоящий стандарт не определяет требований, запрещающих меткам работать одновременно как узлы инфраструктуры и как метки. В данном случае метка называется гибридной. Изготовители меток используют поля, определяемые пользователем для настройки работы таких меток. Одним из примеров таких меток можно назвать «мобильные базовые станции» (mobile base stations). Такие метки сначала определяют свое место нахождения с помощью инфраструктуры и своего встроенного программного обеспечения, а затем начинают работать в качестве базовой станции.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта, документа	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО/МЭК 15963	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 15963–2011 «Информационные технологии. Радиочастотная идентификация для управления предметами. Уникальная идентификация радиочастотных меток»
ИСО/МЭК 19762-1	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-1–2011 «Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 1. Общие термины в области АИСД»
ИСО/МЭК 19762-3	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-3–2011 «Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 3. Радиочастотная идентификация (РЧИ)»
ИСО/МЭК 19762-4	IDT	ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-4–2011 «Информационные технологии. Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь. Часть 4. Общие термины в области радиосвязи»
ИСО/МЭК 19762-5	–	*
ИСО/МЭК 24730-1	–	*
Рекомендации по предельному воздействию неионизирующего излучения (Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Munich, 1999)	–	*
МЭК 62369-1 ed1.0	–	*
ИИЭР С95.1-2005	–	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание – В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT – идентичные стандарты.

Библиография

[1] ISO/IEC 18000-1, Information technology — Radio frequency identification for item management — Part 1: Reference architecture and definition of parameters to be standardized

[2] ISO/IEC 24730-2, Information technology — Real-time locating systems (RTLS) — Part 2: 2,4 GHz air interface protocol

[3] IEEE Std 802.11-1999, (R2003), Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications

[4] IEEE Std 802.15.4-2006, 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)

[5] IEEE 802.15.4a-2007, 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)

[6] Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, Third Edition, Prentice Hall, 1996

УДК 004.93'1:006.89:006.354 ОКС 35.040 П85

Ключевые слова: информационные технологии, системы позиционирования в реальном времени, радиоинтерфейс расширения спектра, метод линейной частотной модуляции

Редактор *Н.И. Кузьмина*
Технический редактор *А.Б. Заварзина*
Корректор *В.Г. Смолин*
Компьютерная верстка *Д.Е. Першин*

Сдано в набор 24.09.2015. Подписано в печать 8.10.2015. Формат 60x841/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,55. Тираж 30 экз. Зак. 3414.

Набрано в ООО «Академиздат»
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Издано и отпечатано во
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru