ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72111.1— 2025

РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Часть 1

Варианты развертывания и сценарии использования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Автономной некоммерческой организацией «Научно-технический центр информатики» (АНО «НТЦИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 480 «Связь»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 августа 2025 г. № 889-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». 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, уведомление 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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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, определения и сокращения 1
4 Варианты развертывания реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей 3
5 Сценарии использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей 9
6 Эксплуатационные параметры беспроводных радиосетей с реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Часть 1

Варианты развертывания и сценарии использования

Reconfigurable intelligent surfaces. Part 1. Deployment option and use case

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на реконфигурируемые интеллектуальные поверхности (RIS) и устанавливает варианты их развертывания и сценарии использования, а также эксплуатационные параметры беспроводных радиосетей с RIS.

Модели и оценка каналов радиосетей с RIS — в соответствии с ГОСТ Р 72111.2.

Настоящий стандарт следует применять при разработке, изготовлении и эксплуатации RIS, а также при разработке, проектировании и эксплуатации беспроводных радиосетей и их программного обеспечения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52210 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения

ГОСТ Р 53731 Качество услуг связи. Термины и определения

ГОСТ Р 53801 Связь федеральная. Термины и определения

ГОСТ Р 72111.2 Реконфигурируемые интеллектуальные поверхности. Часть 2. Модели и оценка каналов радиосвязи

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

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 52210, ГОСТ Р 53731 и ГОСТ Р 53801, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **реконфигурируемая интеллектуальная поверхность;** RIS: Программируемая поверхностная структура, используемая для управления отражением, преломлением, фокусировкой, колли-

Издание официальное

мацией, модуляцией, поглощением электромагнитных волн путем изменения электрических и магнитных свойств поверхности.

3.1.2 **метаатом:** Особый искусственный элемент, материалы из которого эффективно преобразуют энергию через резонансную электрическую или магнитную связь с падающим излучением.

3.1.3 **метаматериал:** Композиционный материал, свойства которого обусловлены резонансными свойствами составляющих его элементов, так называемых метаатомов, а не периодической структурой, которая определяет функционал фотонных кристаллов.

Примечание — К метаматериалам относят материалы, такие как металлы и пластмассы, свойства которых можно изменять.

3.1.4 **метаповерхность:** Диэлектрическая или проводящая нанопленка, в которую внедрены метаатомы.

3.1.5 **PIN-диод:** Полупроводниковый диод, в котором между областями электронной (n) и дырочной (p) проводимости находится собственный (нелегированный) полупроводник (i-область).

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

БС — базовая станция;

ВЧ-диапазон — высокочастотный диапазон;

РЧ — радиочастота;

CPN — сеть в помещении абонента/пользователя (customer premises network);

DL — направление радиосигнала от БС к абоненту (downlink);

DMA — динамическая метаповерхностная антенна (dynamic metasurface antenna);

eRG — усовершенствованный резидентный шлюз (evolved residential gateway);

FDD — дуплексный канал с частотным разделением (frequency division duplex);

FR — диапазон частот (frequency range);

IoT — Интернет вещей (internet of things);

ISAC — система интегрированного обнаружения и связи (integrated sensing and communication);

LTE — эволюция в течение длительного времени (long term evolution);

LOS — зона прямой видимости (line of sight);

MEC — граничные вычисления с множественным доступом (multi-access edge computing);

MIMO — «множественный вход, множественный выход» — метод пространственно-временного кодирования с множеством антенн на передачу и множеством антенн на прием (multiple input, multiple output);

NLOS — линия непрямой видимости (non-line of sight);

NR — технология радиодоступа сетей пятого поколения мобильной связи 5G (new radio);

OFDM — многочастотная схема модуляции с ортогональным частотным распределением несущих в полосе канала вещания (orthogonal frequency-division multiplexing);

PIN — сеть персонального Интернета вещей (personal internet of things network);

QoS — качество обслуживания (quality of service);

RAT — технология радиодоступа (radio access technology);

RIS — реконфигурируемая интеллектуальная поверхность (reconfigurable intelligent surfaces);

SL — боковая линия связи (sidelink);

TDD — дуплексный канал с временным разделением (time division duplex);

TRP — точка приема и передачи данных (transmission and reception point);

UE — пользовательское (абонентское) оборудование (user equipment);

UL — направление радиосигнала от абонента к БС (uplink);

Wi-Fi — технология беспроводных локальных сетей, позволяющая электронным устройствам подключаться к сети, в основном используя диапазоны 2,4 ГГц и 5 ГГц (wireless fidelity);

3GPP — партнерский проект по системам третьего поколения (3-rd Generation Partnership Project);

5G — пятое поколение беспроводных систем связи;

6G — шестое поколение беспроводных систем связи.

4 Варианты развертывания реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

4.1 Общие положения

RIS должны соответствовать узлу радиосети, состоящему из совокупности рассеивающих элементов, называемых элементарными ячейками, свойствами которых можно управлять динамически и изменять их электромагнитные параметры. RIS можно управлять полустатически посредством передачи управляющих сигналов для настройки поступающих беспроводных сигналов путем отражения, преломления, фокусировки, коллимации, модуляции, поглощения или их комбинаций. RIS представляет собой сетевой узел, динамически и/или полустатически конфигурируемый контроллером RIS, превращающий беспроводную радиосеть из пассивного объекта в интеллектуальный объект. Таким образом канал становится программируемым.

Реконфигурируемость является важным свойством RIS. Конфигурация RIS может формироваться внешним объектом, таким как БС, UE или контроллером RIS. Конфигурация RIS может быть статической, если RIS развертывают для расширения зоны покрытия и закрытия зоны с отсутствием LOS. Для увеличения производительности UE конфигурацию RIS следует оптимизировать. С этой целью необходима динамическая и/или полустатическая реконфигурация RIS, поскольку обслуживаемое UE может перемещаться, и одновременно может обслуживаться несколько UE. Технология RIS расширяет базовые возможности проектирования беспроводных радиосетей, влияя на эволюцию их архитектуры, технологию доступа и сетевые протоколы. Технология RIS в основном реализуется на пассивных компонентах без использования дорогостоящих активных компонентов (усилителей мощности), что снижает стоимость реализации радиосети и энергопотребление применяемого оборудования. С помощью RIS обеспечивают простое и гибкое развертывание радиосети с возможностью принятия любой конфигурации и интеграции RIS в объекты (например стены, здания, фонарные столбы и др.). RIS может работать как пассивное устройство. RIS используют для уменьшения электромагнитных помех в устаревших системах радиосвязи. RIS является устойчивым и экологически чистым технологическим решением, обеспечивающим низкие финансовые затраты на оборудование, включая не только небольшую стоимость самого аппаратного оборудования, но и низкие затраты на развертывание и обслуживание RIS.

Особенности RIS:

- является поверхностью (не объемным материалом) с низкой сложностью реализации, потерями и т. д., сохраняющей при этом возможность полностью контролировать электромагнитные волны;
- является инженерной (или интеллектуальной) поверхностью, т. е. может реализовывать функции, которые неинженерная поверхность (например, металлическая пластина) не может реализовать;
- содержит функции реконфигурации, т. е. RIS может адаптироваться в зависимости от условий радиосети;
- обеспечивает контролируемое отражение, преломление, рассеяние, модуляцию и т. д. электромагнитных волн.

Варианты развертывания RIS — в зависимости от конкретного применения и требуемого режима работы (см. 4.4).

4.2 Классификация и конструктивные особенности реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

RIS по конструктивным особенностям подразделяют:

- на отражающие, способные изменять угол отражения падающей волны;
- преломляющие, способные изменять угол преломления (пропускания) падающей волны;
- совмещенные отражающие и преломляющие, способные одновременно изменять угол отражения и преломления падающей волны;
- передающие или информационные, способные кодировать данные и реализовывать одночастотные (однопоточные или многопоточные) радиосети;
- поглощающие, настроенные на минимизацию рассеянного поля.

RIS предназначены выполнять функции обратного рассеяния электромагнитных волн из окружающей среды, например, одновременно отражать или преломлять падающие волны, модулировать данные в отраженной или преломленной волне, и настраиваться на увеличение рассеяния в заданной области частот.

RIS, проектируемые для связи и обнаружения связи, могут одновременно отражать волны и обнаруживать присутствие объектов.

Обобщенная схема радиосети с использованием RIS представлена на рисунке 1.

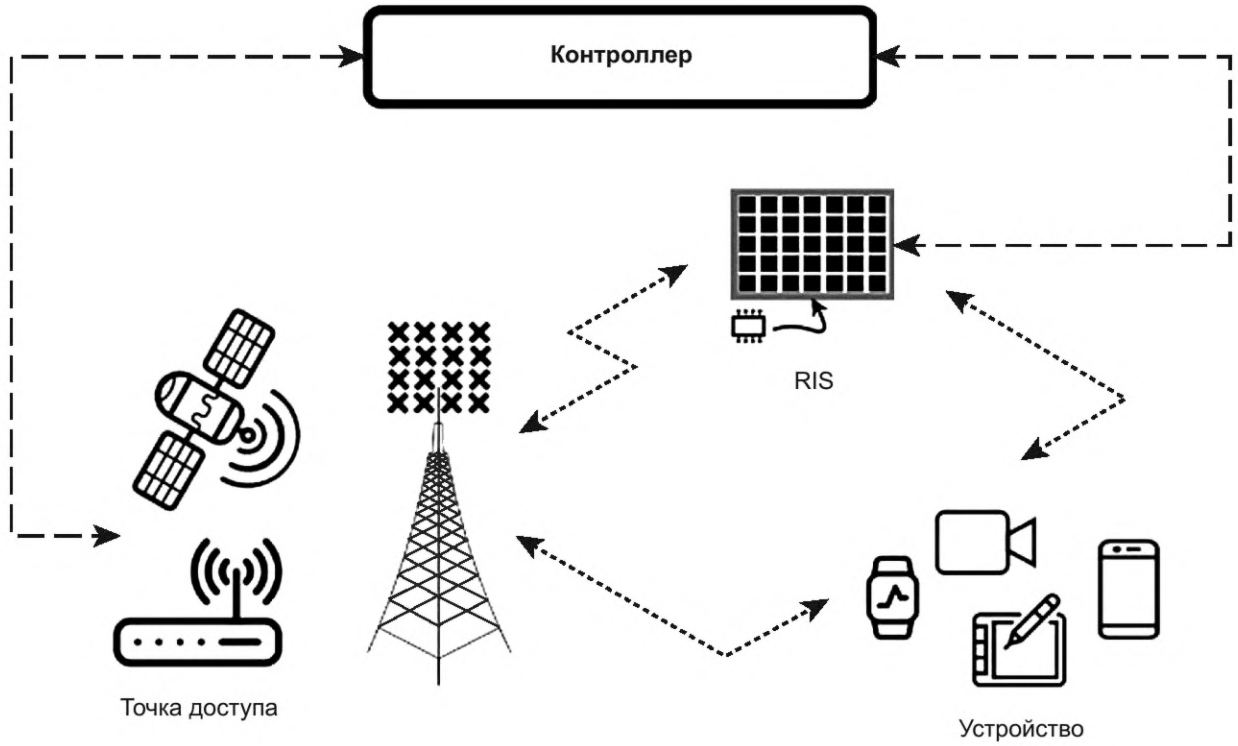


Рисунок 1 — Обобщенная схема радиосети с использованием RIS

Скорость реконфигурации определяет время переключения между конфигурациями. Скорость реконфигурации может варьироваться от очень высокой (например, менее 1 мс) до очень медленной или квазистатической (более нескольких десятков секунд). Параметры и число доступных конфигураций, которыми может управлять контроллер RIS, определяют на этапе проектирования сети связи. Параметры RIS определяются размером и числом битов коммуникационной шины. Масштаб реконфигурации зависит от числа антенных элементов или ячеек, которые контроллер RIS может настроить одновременно.

Параметры реконфигурации RIS установлены в таблице 1.

Таблица 1 — Параметры реконфигурации RIS

Параметр	Значение	Возможность реализации
Гибкость конфигурации	1—3 бита	Обеспечивается дискретностью фазовращателей
Поляризация	Одинарная или двойная поляризация	RIS может быть чувствительной или нечувствительной к поляризации, может трансформировать поляризацию
Скорость реконфигурации	От квазистатической конфигурации до скорости реконфигурации на уровне символов	Обеспечивается заданной скоростью изменения конфигурации RIS
Задержка реконфигурации	—	Задержка реконфигурации устанавливается исходными данными
Число поддерживаемых конфигураций/кодовых книг	Примерный размер кодовой книги — 16 (4 бита)	Определяется битами, поддерживаемыми коммуникационной шиной
Число одновременно конфигурируемых элементов RIS	От 10 до 1 000 и более	Число настраиваемых элементов RIS не зависит от общего числа элементов RIS и их разделения

Для изготовления RIS используют метаматериалы и метаповерхности.

Тонкий слой метаматериала может преобразовывать передаваемые, принимаемые или отраженные электромагнитные волны. Таким образом, не требуется применение сложных источников питания и/или активных фазовращателей. В волноводах на основе метаматериалов RIS в своем составе использует большое число излучающих элементов, а субволновое разнесение позволяет каждому порту ввода/вывода питать множество связанных излучателей с использованием двумерных и одномерных волноводов. В двумерных волноводах рассеянная волна от каждого элемента распространяется во всех направлениях. Волновод, как правило, проектируют как одномодовый, при этом волна может распространяться только вдоль одной линии. Конструкция одномерного волновода намного проще, чем двухмерного. В одномерных волноводах проще обеспечивается изоляция между различными портами, чем в нескольких портах двухмерного волновода.

Метаповерхность, как правило, состоит из периодически расположенных элементарных ячеек. Электромагнитные свойства метаповерхности настраиваются электронным способом с использованием различных компонентов, интегрированных в поверхность элементов, таких как PIN-диоды, варакторные диоды, жидкие кристаллы и т. д.

4.3 Варианты исполнения реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

4.3.1 Активные реконфигурируемые интеллектуальные поверхности

Активная RIS состоит из двухмерной метаповерхности заданного размера, в которую встроены энергоемкие радиочастотные блоки обработки сигналов и антенные элементы с программным управлением.

Активную RIS используют для передачи и приема сигналов по всей ее поверхности или с применением части элементов, что делает ее способной выполнять больше функций по сравнению с пассивной RIS. RIS, в которой только часть элементов способна передавать и/или принимать, называют полуактивной.

Дискретная фотонная антенная решетка является примером активной RIS. Решетка объединяет активные оптико-электрические детекторы, преобразователи и модуляторы для передачи, приема и преобразования оптических или радиочастотных сигналов.

4.3.2 Пассивные реконфигурируемые интеллектуальные поверхности

Пассивная RIS представляет собой пассивное металлическое зеркало или волновой коллектор, который можно запрограммировать на изменение структуры падающего электромагнитного поля. Пассивная RIS состоит из элементов, для которых не требуется отдельных источников питания. Питание схем и встроенных датчиков RIS осуществляется от модулей сбора энергии. Пассивная RIS формирует падающие на нее радиоволны, перенаправляя входящий сигнал без использования усилителя мощности или радиочастотной цепи и без применения методов сложной обработки сигналов. Пассивная RIS может работать в дуплексном и полудуплексном режимах. В дуплексном режиме RIS функционирует без собственной интерференции или повышенного уровня шума, и для ее работы требуется только низкоскоростной канал управления или транзитное соединение. Пассивные RIS можно легко интегрировать в среду беспроводной связи, поскольку для этого используют оборудование с низкими энергопотреблением и стоимостью, что позволяет размещать RIS на фасадах зданий, потолках жилых, общественных и промышленных помещений, корпусах ноутбуков и на одежде человека.

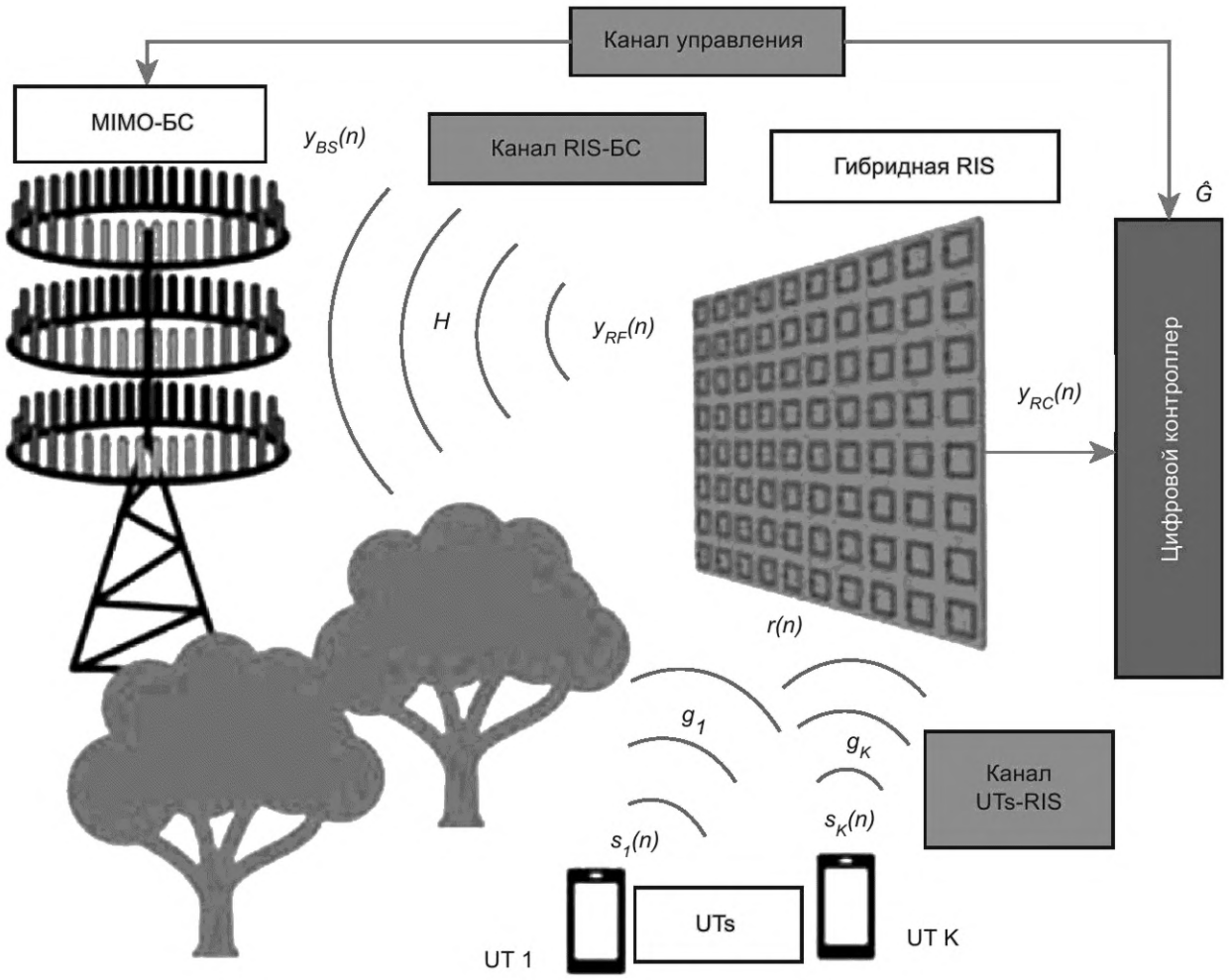
4.3.3 Комбинированные реконфигурируемые интеллектуальные поверхности

Пассивные RIS действуют только как регулируемые отражатели. Комбинированные RIS могут не только отражать падающую волну контролируемым образом, но также воспринимать и обрабатывать ее часть с помощью активных приемных элементов. Комбинированная RIS включает элементы с метаповерхностями, которые могут одновременно отражать и принимать часть падающего сигнала контролируемым образом. Метаповерхность комбинированной RIS включает в себя несколько элементов с метаатомами, которые подключаются к цифровому контроллеру через несколько приемных цепей связи ВЧ-диапазона. Сигналы, за исключением отраженных, обрабатываются в RIS локально путем аналогового сложения и цифровой обработки.

Комбинированная RIS одновременно отражает поступающий сигнал со всей поверхности и принимает его на части поверхности. Комбинированные RIS обеспечивают когерентную связь, не оказывая влияния на энергоэффективность и расширение зоны покрытия в отличии от пассивных RIS.

Примером комбинированной RIS является поверхность, оснащенная варактором, емкость которого можно изменять внешним сигналом постоянного тока. Изменяющаяся емкость варактора изменяет фазу отраженной волны и направляет отраженный радиолуч в требуемом направлении.

На рисунке 2 представлен пример комбинированной RIS с поддержкой многопользовательской системы MIMO канала UL.



H — матрица канала RIS-БС; $y_{BS}(n)$ — сигнал n-го частотного канала на входе БС; $y_{RF}(n)$ — сигнал n-го частотного канала на выходе RIS; $y_{RC}(n)$ — сигнал n-го частотного канала на входе цифрового контроллера; $r(n)$ — коэффициент отражения RIS для n-го частотного канала; $\hat{G}$ — матрица канала управления; g_1 — канал UT1-RIS; g_K — канал UT K-RIS; $s_1(n)$ — мощность сигнала n-го частотного канала на выходе UT1; $s_K(n)$ — мощность сигнала n-го частотного канала на выходе UT K; UT1 — терминал пользователя 1; UTs — терминалы пользователей; UT K — терминал пользователя K

Рисунок 2 — Комбинированная RIS с поддержкой многопользовательской системы MIMO канала UL

4.4 Режимы работы реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

4.4.1 Режим отражения

Средой интеллектуальной беспроводной связи является пассивная RIS с практически нулевым энергопотреблением. RIS способна реконфигурировать параметры отражения своих элементов и формировать воздействие на падающие электромагнитные волны в широком диапазоне функций. RIS в режиме отражения обеспечивает точный контроль над отраженным электромагнитным полем при управлении радиолучом в квазисвободном пространстве, обеспечивая тем самым его точное формирование.

В условиях сильного рассеяния энергия волн статистически равномерно распределяется в среде беспроводной связи, при этом возникающие в результате радиолучи воздействуют на RIS со всех возможных направлений. Манипулирование большим числом радиолучей преследует две цели: их адаптацию для создания конструктивной суперпозиции в заданном месте и эффективное управление электромагнитным полем. Манипулирование может быть реализовано с помощью RIS, оснащенной метаатомами размером в половину длины радиоволны, что позволяет электронным компонентам (PIN-диоды и т. д.) в заданном количестве контролировать большое число радиолучей.

DMA, состоящие из нескольких отдельных массивов элементов с волноводным питанием, каждый из которых подключен к одному порту ввода/вывода, представляют собой типичную отражающую RIS.

RIS, функционирующие в режиме отражения, в окружающей среде улучшают качество радиосвязи в зоне покрытия, уменьшают помехи и увеличивают пропускную способность радиосети.

4.4.2 Режим преломления (рефракции)

Основным отличием режима преломления (рефракции) от режима отражения является отсутствие экранирующего слоя внутри RIS-панели, который позволяет электромагнитным волнам проходить через панель. В режиме преломления (рефракции) падающие электромагнитные волны проходят через RIS и преломляются в разных целевых направлениях.

Одним из вариантов развертывания в режиме преломления (рефракции) является сценарий использования RIS внутри помещений. Для улучшения качества радиосвязи в зоне покрытия в определенных местах внутри здания применяют RIS на различных объектах, например, оконных стеклах, которые фокусируют падающие электромагнитные волны в различных направлениях, предоставляя в помещениях радиосвязь улучшенного качества.

4.4.3 Режим поглощения

Режим поглощения применяют в случае, если падающая на RIS радиоволна с центральной частотой и с определенной шириной полосы должна быть полностью поглощена, а отраженная волна — отсутствовать. Режим поглощения формируется с помощью RIS для подавления помех и обеспечения конфиденциальности и информационной безопасности. Одним из вариантов развертывания RIS является фасад здания для экранирования электромагнитных волн и их изоляции друг от друга снаружи или в разных помещениях внутри одного здания. RIS поглощает падающую волну, не позволяя ей проникнуть через стены здания. Переключения RIS в режимы поглощения, преломления или отражения осуществляют с помощью напряжения смещения.

RIS на основе графена в некоторых полосах частот может достигать практически 100 % поглощения. RIS с идеальным поглощением получают за счет электрической реконфигурации реакции метаатома посредством химического потенциала графена.

4.4.4 Режим обратного рассеяния

Режим обратного рассеяния RIS используют для отражения падающего электромагнитного сигнала в заданном направлении. В режиме обратного рассеяния RIS отраженная волна покрывает всю площадь рассеяния в заданном направлении.

4.4.5 Режим передачи

В режиме передачи RIS встраивают в радиопередатчик и формируют излучаемый сигнал с требуемыми характеристиками.

В режиме передачи с радиопередатчиками используют DMA, конструкция которых представляет собой эффективную антенную решетку.

Преимущества применения DMA:

- реализация функций настройки радиолуча и обработки передаваемых и принимаемых аналоговых сигналов;
- использование упрощенного аппаратного обеспечения приемопередатчика;
- использование архитектур антенных решеток с меньшими финансовыми затратами и энергопотреблением по сравнению с обычными антенными решетками;
- возможность встраивания большого числа настраиваемых антенных элементов в небольшие физические области, обеспечивающих функционирование в широком диапазоне рабочих частот.

4.4.6 Режим приема

В режиме приема RIS обеспечивает прием и обработку радиосигналов. С этой целью в каждый элемент или группу элементов RIS устанавливают волноводы для направления радиосигналов на приемное оборудование. В состав приемника включают малошумящий усилитель, аналого-цифровой преобразователь и смеситель, преобразующий сигнал из РЧ-диапазона в базовый диапазон.

На рисунке 3 показано как электромагнитный сигнал принимается в РЧ-области через M фазовых конфигураций RIS, которые выбираются случайным образом с помощью блока случайной пространственной выборки. Набор пространственно-случайных аналоговых комбинированных версий принятых радиосигналов упрощает применение методов оценки каналов на основе сжатого зондирования, позволяя принимать сигналы на RIS с меньшим числом приемных РЧ-цепей (не более одной), чем число элементов RIS.

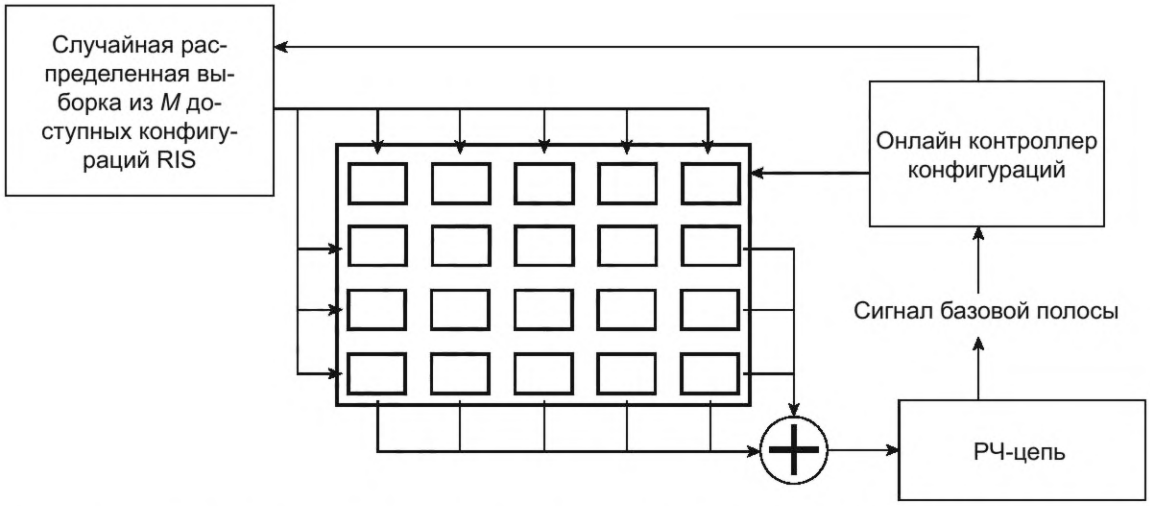


Рисунок 3 — Структурная схема аппаратной архитектуры RIS, включающая в себя одну активную РЧ-цепь приема, обеспечивающую обнаружение принимаемого сигнала в базовой полосе частот

4.5 Рабочие частоты реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

4.5.1 Общие положения

В настоящем стандарте установлены рабочие частоты беспроводных радиосетей, в составе которых используют RIS. Приведены два диапазона частот FR1 и FR2. FR1 — это частоты от 410 до 7 125 МГц, FR2 — частоты от 24 250 до 71 000 МГц. Основные RAT работают в FR1, например Wi-Fi, сети стандарта LTE и часть NR. Некоторые RAT работают в FR2, например, часть NR.

Полоса сигналов, отражаемых RIS, может отличаться от ширины полосы принимаемого сигнала, поэтому при выборе рабочей частоты RIS необходимо учитывать нежелательные излучения, создаваемые отражениями RIS. Нежелательные излучения могут вызывать помехи в диапазонах, отличных от частот, принимаемых сигналов.

В настоящем стандарте также установлен терагерцовый диапазон частот от 0,1 до 10 ТГц для беспроводных радиосетей 5G и 6G.

4.5.2 Диапазон частот FR1

В FR1 беспроводные радиосети, функционирующие в режимах с TDD и с FDD с RAT 5G NR, могут работать с RIS.

Применение RIS в сотовых сетях стандарта LTE и NR в FR1 при передаче традиционного трафика по сотовой мобильной сети существенно улучшает качество такой радиосвязи.

4.5.3 Диапазон частот FR2

Полосы рабочих частот FR2 используют в беспроводных радиосетях с RIS в режимах работы с TDD и с FDD NR.

В сотовых сетях NR в FR2 применение RIS обеспечивает сверхвысокую скорость передачи данных за счет использования более широкой полосы пропускания.

4.5.4 Обеспечение зоны прямой видимости

Применение RIS для радиосетей 5G и 6G терагерцового диапазона обеспечивает высокую пропускную способность и высокую скорость передачи данных. Связь на этих частотах осуществляется на коротких дистанциях и характеризуется ненадежными прерывистыми сеансами, нарушенными блокировкой и поглощением, поэтому для нормальной работы должна быть гарантирована непрерывная LOS. Развертывание RIS играет ключевую роль в настройке среды распространения для обеспечения непрерывности LOS. Развертывание нескольких RIS в радиосети обеспечивает наилучшие характеристики многолучевого распространения для однорангового канала за счет искусственного создания дополнительных путей прохождения сигнала, тем самым улучшая возможности его пространственного мультиплексирования.

4.6 Режим дуплексной радиосвязи

4.6.1 Режим работы с дуплексным каналом с временным разделением

В режиме работы с TDD должна существовать взаимозаменяемость между каналами DL и UL, которые используют одну и ту же полосу частот. RIS должны быть изготовлены таким образом, что-

бы они могли сохранять взаимозаменяемость каналов. Параметры RIS, такие как фазовые сдвиги и амплитуды направления радиолучей, позволяют сохранять взаимозаменяемость. В режиме работы с TDD RIS может принимать сигнал по нисходящей линии связи из сети и отражать его для UE за одну единицу времени (например, один или несколько символов OFDM), а также принимать сигнал по восходящей линии связи от UE и отражать его для радиосети в другую единицу времени. Прием/отражение в UL и DL могут быть на одной частоте, но в разных единицах времени. Для RIS между DL/UL должен быть организован защитный период, чтобы гарантировать, что прием и отражение UL и DL с RIS не мешают друг другу.

Режим работы с TDD осуществляется в двух вариантах:

- с ограничением взаимозаменяемости каналов;
- без ограничений взаимозаменяемости каналов.

Режим работы с TDD с ограничением взаимозаменяемости каналов поддерживается путем настройки фазовых сдвигов в элементах RIS для отражения UL/DL в сторону БС/UE, поэтому БС/UE может передавать DL/UL и принимать UL/DL с использованием одних и тех же лучей.

В режиме работы с TDD без ограничений взаимозаменяемости каналов поддерживать взаимозаменяемость каналов не требуется. Поэтому фазовые сдвиги в RIS могут быть сконфигурированы независимо от лучей UL/DL в UE/БС.

4.6.2 Режим работы с дуплексным каналом с частотным разделением

В режиме работы с FDD для каналов DL и UL используют разные полосы частот. Использование одной и той же конфигурации RIS, определяемой набором фазовых сдвигов и амплитуд направления лучей в DL и UL, может привести к ухудшению производительности, что следует учитывать при проектировании сотовых сетей.

4.6.3 Дуплексный режим работы

В дуплексном режиме работы RIS может одновременно отражать каналы DL и UL в одних и тех же диапазонах частот. При этом RIS могут вызвать дополнительные помехи в каналах DL и UL по сравнению с полудуплексными системами, что следует учитывать при проектировании сотовых сетей.

5 Сценарии использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

5.1 Общие положения

5.1.1 Применение RIS обеспечивает построение эффективных беспроводных радиосетей с динамическим управлением радиосигналами между передатчиком и приемником, что улучшает предоставляемые услуги радиосвязи.

Применение RIS в беспроводных радиосетях обеспечивает:

- расширение зоны покрытия беспроводной радиосетью;
- позиционирование, безопасность и устойчивость функционирования радиосети;
- зондирование эфира;
- беспроводную передачу энергии;
- обратное рассеяние в окружающей среде для отражения падающего электромагнитного сигнала в заданном направлении.

5.1.2 Сценарии использования RIS предназначены:

- для улучшения возможности подключения и повышения надежности радиосетей путем применения:
- одиночной RIS,
- индивидуального управления несколькими RIS,
- нескольких RIS,
- единого мультиарендного RIS,
- MEC с использованием RIS;
- улучшения локализации и восприятия путем:
- однозначной локализации с минимальным числом БС,
- улучшенного покрытия и непрерывного обслуживания в условиях дальней зоны за счет устранения невидимых участков (т. е. обеспечение LOS),
- устранения невидимых участков (т. е. обеспечение LOS) для покрытия и непрерывности обслуживания в условиях ближнего поля,

- предоставления многопользовательских услуг с различной точностью по требованию,
- адаптивного обнаружения пассивных объектов посредством многоканального мониторинга радиоактивности,
- локализации без БС с использованием одной или нескольких RIS,
- картографирования радиосреды с помощью RIS для определения локализации паттернов радиоизлучения,
- радиолокационной локализации/обнаружения пассивных целей с помощью гибридной RIS;
- повышения устойчивости и безопасности радиосвязи путем использования RIS:
- для обеспечения энергоэффективности и снижения энергопотребления,
- обеспечения безопасности радиосвязи.

5.1.3 Из-за влияний различных препятствий, в том числе зданий и деревьев, структура радиосигнала становится неравномерной и в реальной системе мобильной связи возможно ухудшение покрытия местности. Зоны слабого покрытия могут быть небольшими по площади и дискретными по времени, при этом их неблагоприятные последствия могут быть серьезными. Терминалы в этих зонах не получают гарантированного качества обслуживания. Развертывание большего числа точек доступа в зоне слабого покрытия увеличивает стоимость радиосети и не гарантирует эффективность ее функционирования. Развертывание RIS в заданных местах расширяет LOS между точкой доступа и RIS и между RIS и терминалами в зоне слабого покрытия.

Отражающая RIS повышает надежность каналов радиосвязи с конечными терминалами до требуемого уровня. RIS использует аппаратно-программные средства, обеспечивая когерентную/некогерентную модуляцию, сбор результатов измерений в основной полосе частот, благодаря чему улучшается качество покрытия сотовой связи. На рисунке 4 показано применение RIS для устранения блокировки LOS внутри и вне помещений.

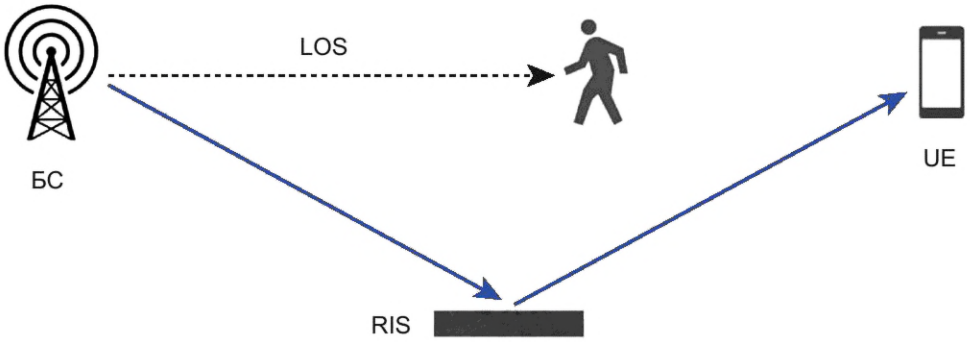


Рисунок 4 — Применение RIS для устранения блокировки LOS внутри и вне помещений

Рисунок 4 иллюстрирует устранение блокировки LOS в ситуации, в которой БС обслуживает UE, находящееся в закрытом месте. Устойчивый канал связи между БС и UE обеспечивается через RIS.

Примечание — Например, с помощью RIS можно проводить поисково-спасательные операции в чрезвычайных ситуациях.

5.2 Сценарий использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей внутри помещений

Радиосвязь внутри помещений в условиях отсутствия LOS не может быть абсолютно устойчивой в таких местах как коридоры, углы и лестницы. Кроме того, на устойчивость радиосвязи влияет наличие тел людей, мебели и т. д. Развертывание RIS на поверхностях стен или мебели позволяет организовать дополнительные каналы передачи, увеличить мощность принимаемого радиосигнала и улучшить отношение сигнал/шум. Использование в канале радиосвязи RIS увеличивает скорость передачи данных для отдельных пользователей и повышает пропускную способность системы. Повышение точности локализации внутри помещений особенно важно для автоматизированных промышленных предприятий. RIS может быть смонтирована на стационарной конструкции, например на стене здания. При таком развертывании радиоканал между стационарной БС и RIS становится стабильно устойчивым. При этом радиоканал между RIS и UE, между БС и UE может оставаться неустойчивым из-за передвижения UE.

Несколько RIS, установленных в местах с отсутствием LOS, расширяют зону покрытия радиосети, как показано на рисунках 5 и 6.

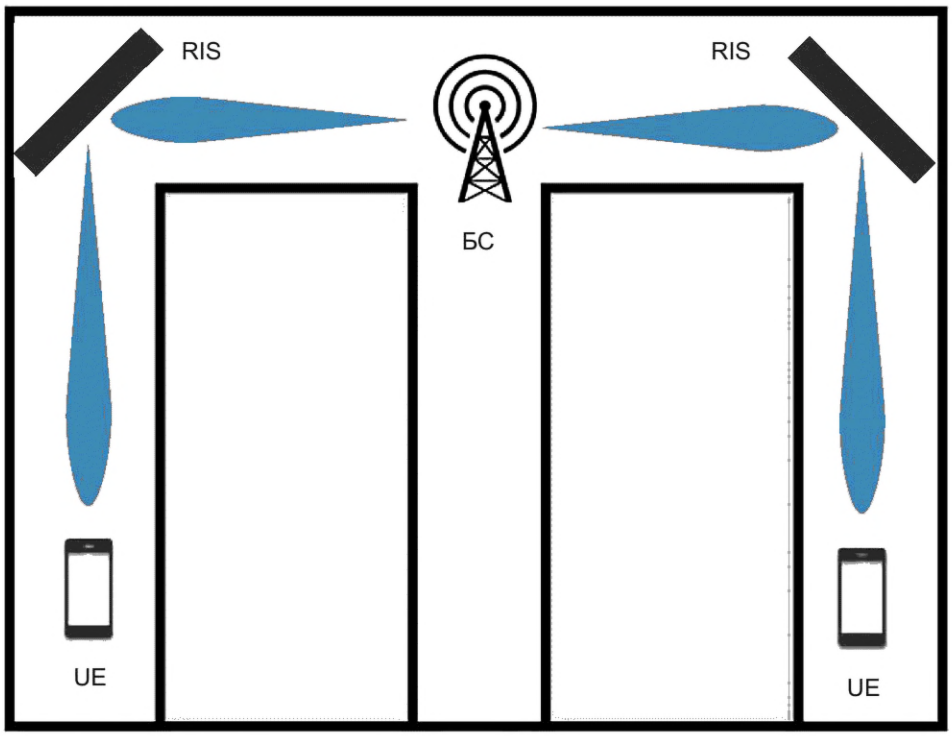


Рисунок 5 — Устранение блокировки LOS в коридоре с помощью RIS

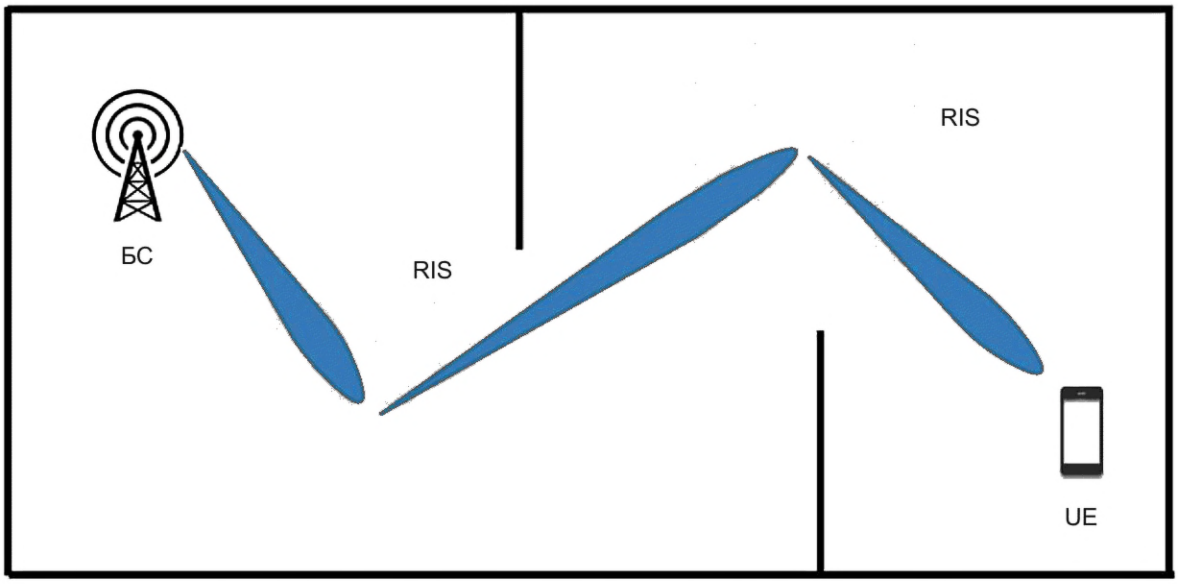


Рисунок 6 — Каскадное устранение блокировки LOS с помощью RIS

5.3 Сценарий использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей вне помещения

На рисунке 7 показан сценарий использования RIS вне помещения, в котором БС расположена на крыше здания и обслуживает UE, перемещающееся по улице. При обычной диаграмме направленности антенны, учитывая угол наклона и блокировку здания, можно предположить, что качество обслуживания UE будет неудовлетворительным. Если RIS установлена на стене противоположного здания,

то сигнал будет эффективно переотражен в зону с отсутствием LOS и далее к UE и БС, тем самым повышая устойчивость сети сотовой связи.

В сценариях вне помещений UE на границе соты или в зоне с отсутствием LOS могут происходить потери, прерывания и затухание сигнала при его распространении, вызванными различными препятствиями, включая здания и деревья. Для создания дополнительных каналов передачи RIS рекомендуется развертывать на фасадах зданий или в месте размещения БС. Производительность UE в этом случае значительно улучшается.

Вне помещений услуги мобильной связи более востребованы, чем внутри помещений. Внутри помещений UE перемещаются значительно медленнее, чем вне помещений, например, на высокоскоростных поездах UE могут передвигаться со скоростью до 350 км/ч. В этом случае для быстрого отслеживания радиосигнала RIS должны быть оснащены динамическими реконфигурируемыми матрицами фазового сдвига.

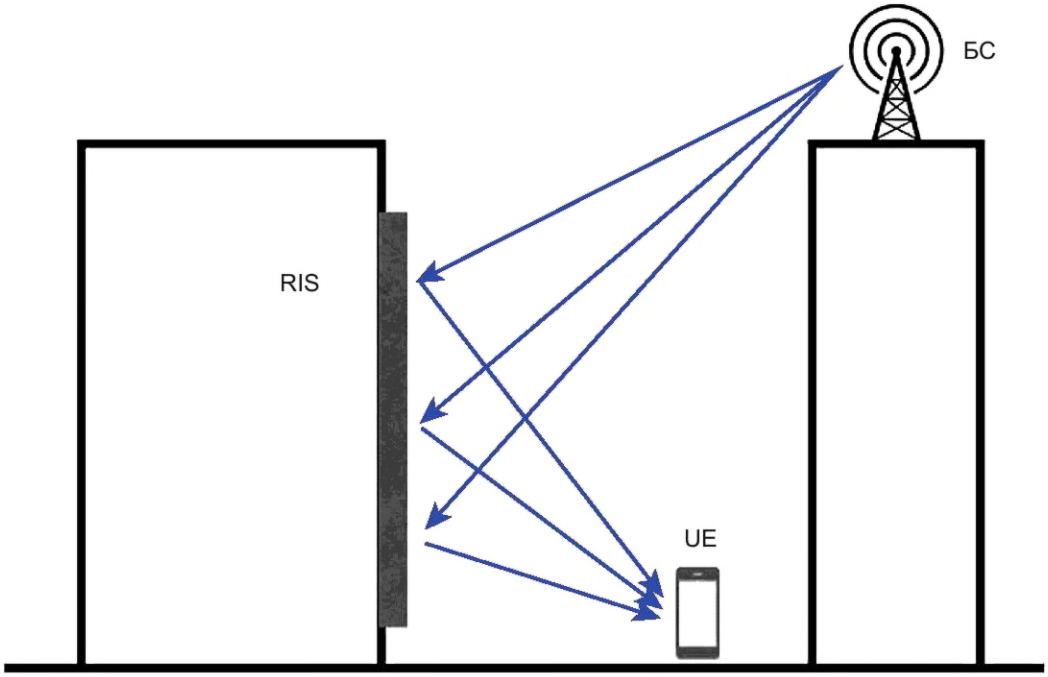


Рисунок 7 — Сценарий использования RIS вне помещения

На рисунке 8 показан пример использования RIS для улучшения радиосвязи в зоне покрытия в сценарии, когда БС, расположенная на улице, обслуживает UE, которое находится в помещении, например в подземном гараже.

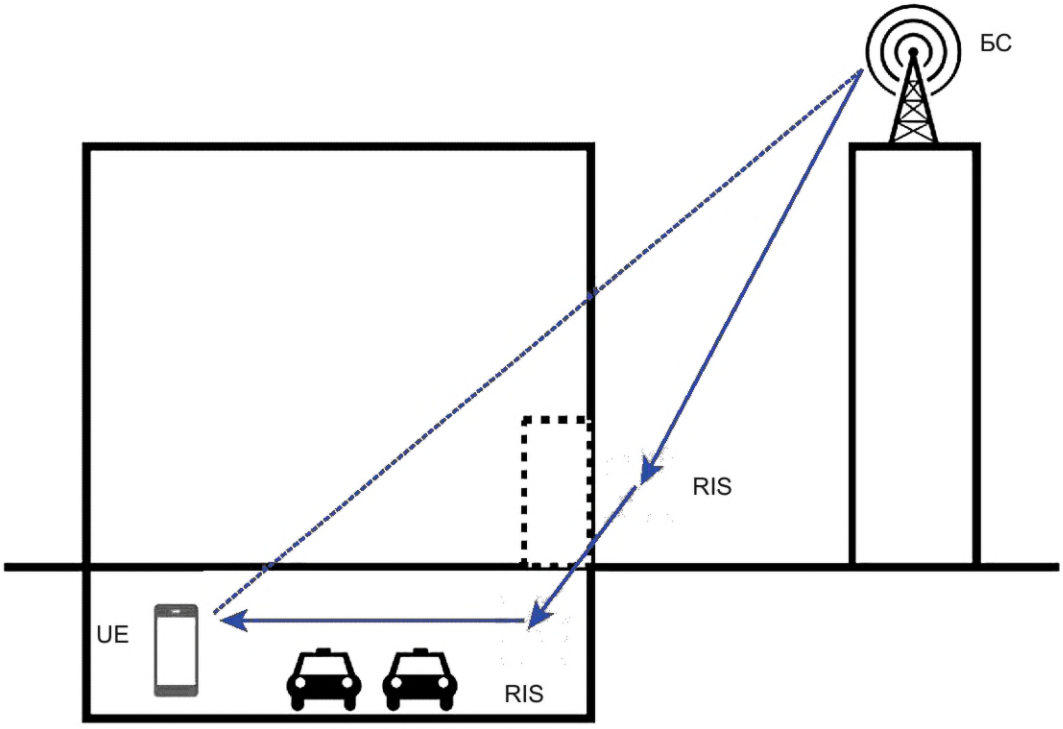


Рисунок 8 — Использование RIS для улучшения покрытия в сценарии, когда БС, расположенная на улице, обслуживает UE, которое находится в помещении

5.4 Сценарии гибридного использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

В сценариях гибридного использования RIS одновременно применяются внутренняя, внешняя или смешанная среды, которые повышают эффективность работы сети беспроводной связи.

Применение гибридного сценария эффективно для обеспечения устойчивой связи в случае, когда БС, расположенная на улице, обслуживает UE, которое находится в помещении БС, находящейся вне помещения. Сложно обслуживать пользователей внутри помещений из-за затухания сигнала (особенно в FR2), вызванного стенами или оконными стеклами. Одним из вариантов решения данной проблемы является размещение микро-БС внутри здания, но для этого требуются значительные финансовые затраты. RIS, размещенные на фасадах зданий в виде прозрачных поверхностей или в качестве оконных стекол, отражают сигналы во внутреннюю среду другого здания. RIS, используемые в качестве элементов на прозрачных оконных стеклах, фокусируют падающие сигналы на определенные области помещений и обеспечивают лучшее качество радиосвязи в зоне покрытия. Точки фокусировки таких RIS могут быть предварительно настроены в соответствии с условиями внутри помещений или динамически изменены в режиме реального времени с учетом конкретного применения.

5.5 Сценарий использования перемещаемых реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Сценарий использования перемещаемых RIS означает, что RIS может изменять свое местоположение или ориентацию в течение заданного времени. При развертывании радиосети с перемещаемыми RIS в радиоканале между стационарной БС и RIS или между БС и UE может происходить быстрое затухание сигнала из-за движущегося UE.

При развертывании радиосети с перемещаемыми RIS применяют несколько вариантов сценария в зависимости от того, где интегрирована RIS. Возможно развертывание радиосети с персональной RIS, RIS, интегрированной в UE или в транспортное средство, с автономной RIS.

5.6 Сценарий использования персональных реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Сценарий использования персональных RIS означает, что RIS принадлежат конечному пользователю и пользователь может изменять местоположение RIS на основе своих предпочтений, не спрашивая разрешения и не уведомляя оператора радиосети. Как правило, персональная RIS представляет собой небольшое устройство, размещенное в закрытом помещении, например, в жилом здании или в офисе. Допускается развертывание нескольких персональных RIS в одном помещении.

5.7 Сценарий использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей, интегрированных в пользовательское оборудование

RIS может быть интегрирована в UE, которое является мобильным устройством. В этом случае RIS придает UE функции активного узлового терминала. В некоторых случаях RIS может быть установлена на подвижном элементе UE.

5.8 Сценарии использования реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей, интегрированных в транспортные средства

Распространенным сценарием использования RIS является ее размещение на транспортных средствах, таких как автомобили, поезда, автобусы и т. д. Если UE находится в поезде, то радиоканал между RIS и UE будет затухать относительно медленно.

В этом случае транспортное средство обеспечивает RIS функциями мобильности. В зависимости от типа, размера и места эксплуатации транспортного средства одна или несколько RIS могут быть вмонтированы в окна, крышу и т. д. транспортного средства. RIS может быть развернута как сетевым оператором так и владельцем транспортного средства.

5.9 Сценарий использования автономных реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Автономная RIS оптимизирует усиление отраженного луча между БС и RIS без специальных функций управления.

Автономная RIS управляет излучаемой мощностью посредством последовательной активации зондирующих лучей. Автономная RIS рассчитывает угловое положение БС и UE, и, анализируя значения пиковой мощности, формирует требуемую область покрытия радиосети.

6 Эксплуатационные параметры беспроводных радиосетей с реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями

6.1 Общие положения

В беспроводных радиосетях каналы между антеннами передатчика и приемника могут иметь сильную корреляцию, что ограничивает число каналов при параллельной передаче данных. Развертывание беспроводных радиосетей с RIS позволяет решить проблему корреляции каналов. При наличии большего числа каналов в радиосети будут обеспечены более высокие коэффициенты усиления сигналов путем пространственного мультиплексирования каналов и требуемая спектральная эффективность радиосети. Увеличение мощности принимаемого сигнала улучшает качество радиосвязи в зоне покрытия радиосети и повышает эффективность использования спектра. Как правило, в канале доминируют один или два пути. При включении RIS в радиосеть увеличивается число доступных каналов и повышается ранг пространственного мультиплексирования, а также увеличивается мощность совокупного сигнала. RIS также используют для подавления помех, например внутриканальных и межсотовых. RIS усиливает или обнуляет сигнал в определенной области. Общая топология канала радиосети при использовании этих вариантов показана на рисунке 9. RIS является настраиваемым компонентом радиосети, влияющим на характеристики канала связи. RIS потенциально предоставляет возможность для множественного доступа к радиосети. Пример множественного доступа к радиосети с RIS показан на рисунке 10, когда разные каналы БС/UE используют разные подмассивы на панели RIS. Включение RIS в состав радиосети улучшает качество распределения каналов и снижает скорость затухания сигналов. Использование RIS повышает отношение сигнал/шум за счет согласования отраженного сигнала с сигналом в LOS и при отсутствии LOS.

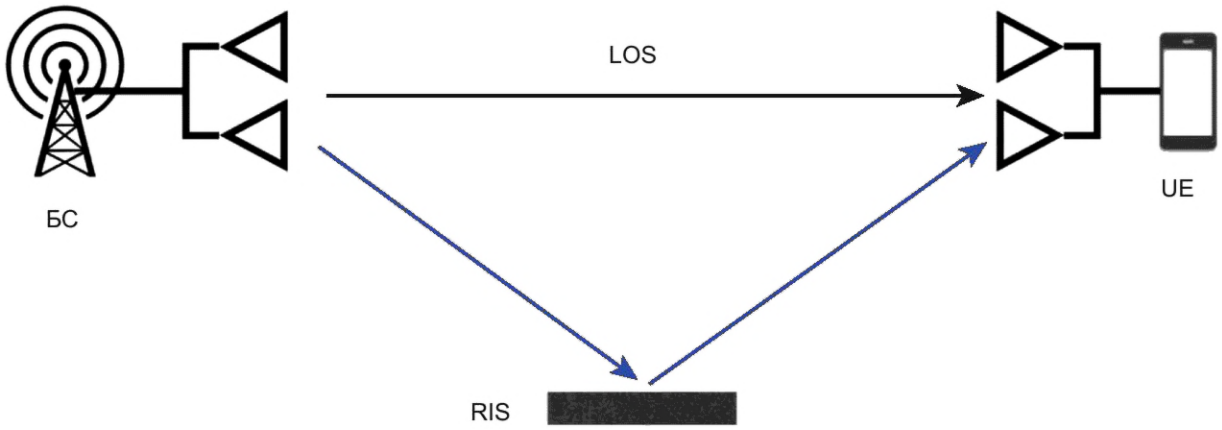


Рисунок 9 — Общая топология канала радиосети с RIS

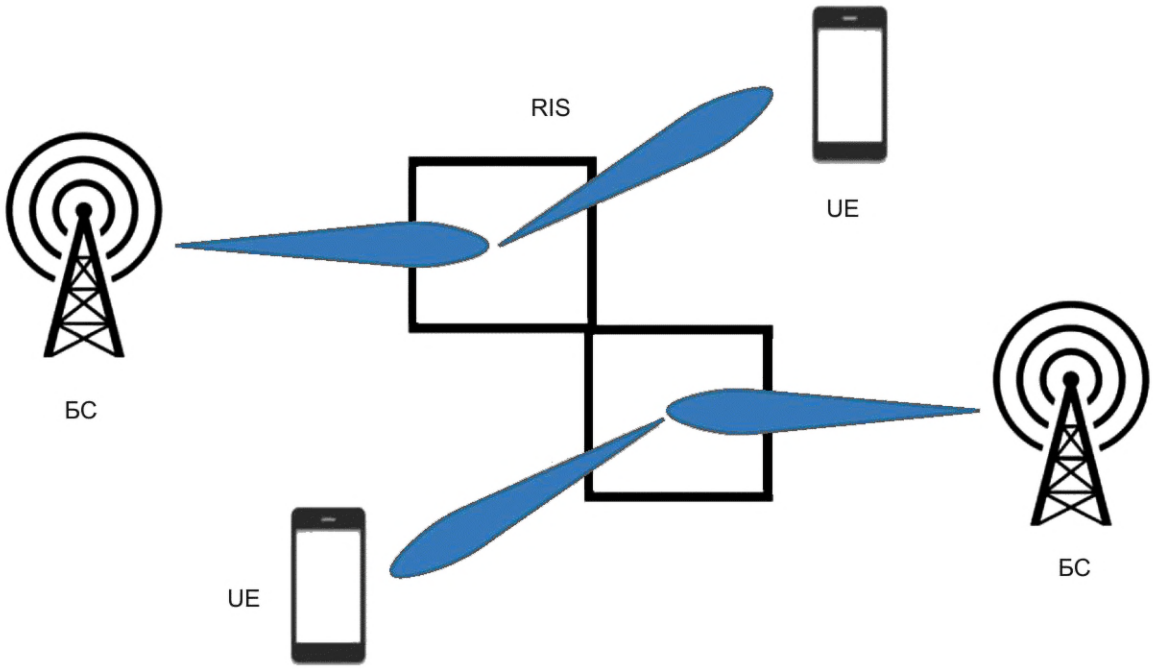


Рисунок 10 — Пример множественного доступа к радиосети с RIS

6.2 Управление радиолучом с использованием реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

В беспроводных радиосетях, таких как NR 5G, управление радиолучом используют для уменьшения потерь при распространении сигнала. Управление радиолучом создает набор парных каналов связи между передатчиком и приемником, улучшает спектральную эффективность радиосети и обеспечивает надежную связь в зоне покрытия, особенно в ВЧ-диапазонах.

Формирование радиолуча в RIS реализуется путем регулирования угла отражения ее элементов. RIS управляет различными группами элементов в зависимости от потребностей разных пользователей, при этом мощность сигнала будет пропорциональна числу задействованных элементов. По сравнению с MIMO RIS потребляет меньше энергии при достижении того же усиления сформированного радиолуча. Подобно MIMO многоэлементная RIS создает радиолучи для фокусировки сигнала в заданных направлениях. Отражающие элементы RIS посылают один и тот же сигнал с одинаковой длиной волны, поэтому сформированный радиолуч имеет повышенную мощность сигнала в заданном направлении.

Управление радиолучом наиболее эффективно в FR2 (от 24250 до 7 1000 МГц). Сконфигурированные радиолучи назначаются UE для нисходящей и/или восходящей линий связи. Следует учитывать, что из-за динамических переменных в среде путь между БС и UE может быть заблокирован, что

может привести к блокировке радиолуча, особенно в FR2. По этой причине в радиосети должны быть развернуты несколько TRP для обеспечения дополнительного (альтернативного) набора радиолучей от других TRP. При этом развертывание нескольких TRP увеличивает финансовые затраты на развертывание радиосети. Применение RIS является альтернативой развертыванию радиосетей с несколькими TRP. Элементы RIS настраиваются для регулирования свойств отражающего сигнала по фазе, амплитуде, поляризации и т. д. Радиолучи могут отражаться от RIS в направлении приемника. При развертывании радиосети с RIS можно динамически указать дополнительные (альтернативные) радиолучи.

6.3 Обеспечение безопасности физического уровня с применением реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Неконтролируемое распространение конфиденциальных сигналов, вызванное неопределенностью беспроводных каналов, является одной из причин, влияющих на безопасность систем связи. Создание интеллектуальной и управляемой среды распространения сигналов в системе беспроводной связи путем развертывания RIS позволяет избежать утечки конфиденциальных сигналов злоумышленникам и повысить безопасность систем связи.

Как показано на рисунке 11 в радиосети без RIS данные, отправленные в UE, могут попасть в руки злоумышленников через естественные отражения радиосигналов от стен, потолков и т. д. RIS перенаправляет отраженные радиосигналы в конкретную заданную зону, что снижает возможность перехвата данных потенциальными злоумышленниками и повышает безопасность связи.

Для обеспечения безопасности систем связи следует учитывать возможность развертывания RIS злоумышленниками с целью получения доступа к конфиденциальной информации, передаваемой в системе беспроводной связи, и декодирования передаваемых данных.

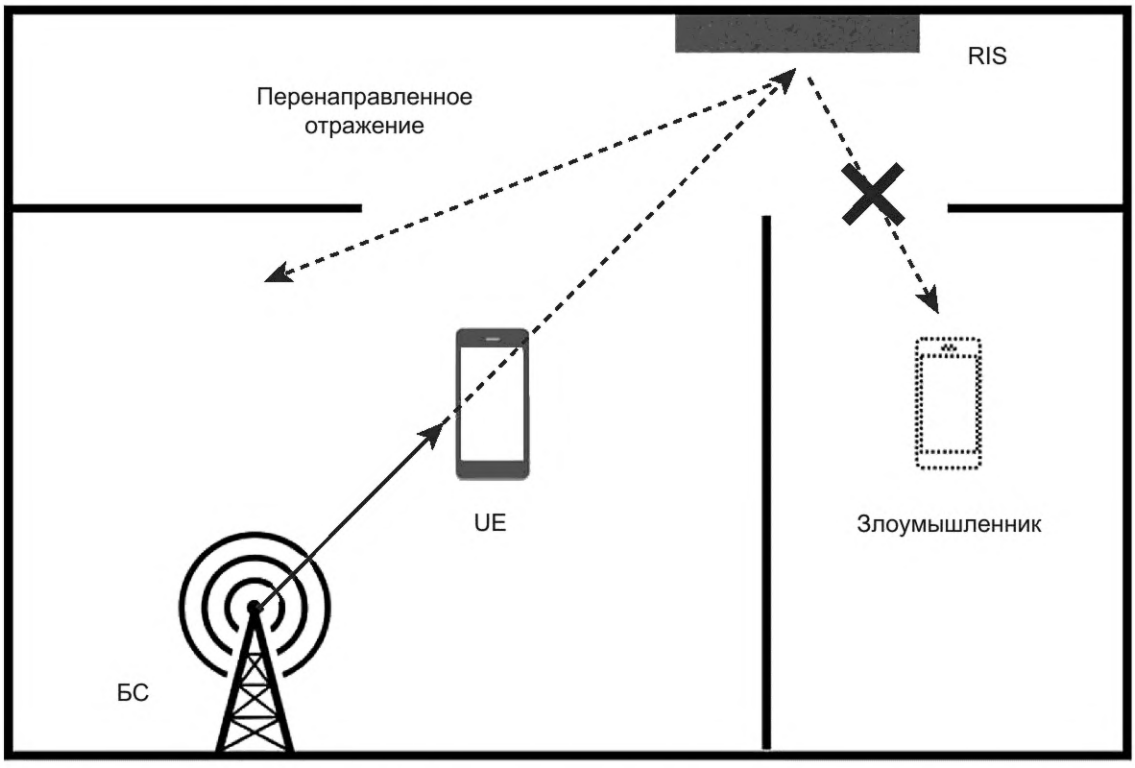


Рисунок 11 — Перенаправление RIS отраженных радиосигналов в конкретную заданную область

6.4 Точность позиционирования с применением реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Услуга позиционирования UE доступна в традиционных системах беспроводной связи. Точность позиционирования определяется местоположением, наличием LOS и числом БС. По сравнению с установкой БС развертывание RIS является более гибким и экономически выгодным решением. С помощью

RIS радиосети получают более высокое пространственное разрешение и точность позиционирования. Развертывание RIS внутри помещений также повышает точность позиционирования.

6.5 Система интегрированного обнаружения с поддержкой реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

В беспроводных радиосетях 5G и 6G к новым приложениям предъявляют строгие требования к производительности радиосети и к функциям обнаружения. Применение технологии ISAC позволяет радиосети собирать и извлекать информацию из окружающей среды. Как правило, обнаружение цели зависит от наличия LOS между передатчиком и целью в сети сотовой связи. Обнаруживать цели без LOS достаточно сложно. Эффективность обнаружения (например, локализация) БС снижается с увеличением расстояния до цели от приемника. С помощью RIS можно установить канал LOS для предоставления услуг обнаружения в зонах NLOS, а RIS может предоставить дополнительный отраженный канал LOS для обнаружения цели под другим углом, что существенно улучшает производительность обнаружения радиосетей с поддержкой RIS. Как правило, RIS определенного типа применяют в зависимости от требований ISAC.

6.6 Обеспечение энергетической эффективности при использовании реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей

Беспроводная передача энергии увеличивает время использования устройств, питающихся от батарей. RIS обеспечивает передачу сигналов между БС и UE даже тогда, когда сигналы между ними блокируются. UE могут получать не только сигналы связи от RIS, но и энергию, что позволяет повысить энергоэффективность в радиосети и исключить потерю сигналов связи.

Радиоволны переносят как информацию, так и энергию, поэтому RIS является необходимым компонентом автономных беспроводных радиосетей. RIS может быть сконструирована таким образом, чтобы одни ее элементы или части могли использоваться для сбора радиочастотной энергии из окружающей среды, а другие элементы или части — для улучшения качества радиосвязи. RIS может быть интегрирована в устройство IoT для сбора энергии и непосредственного питания таких устройств. Энергия сигнала также может быть направлена другим устройствам для более эффективного сбора энергии на этих устройствах.

Производительность радиосети, зона покрытия и скорость передачи данных могут быть значительно улучшены за счет использования RIS. При применении RIS для работы радиосети требуется меньшая мощность и меньшее число БС для обеспечения заданных зоны покрытия и скорости передачи данных.

Потребляемая RIS мощность зависит от типа и числа ее отдельных отражающих элементов. Пассивные и активные RIS следует проектировать таким образом, чтобы радиосеть потребляла меньше энергии по сравнению с традиционными решениями (например микро-БС).

Использование RIS в составе внутренних и наружных сетей радиодоступа также снижает энергопотребление сети.

RIS должны быть совместимыми с оборудованием радиосети и UE. Требования к RIS для обеспечения ее совместимости с оборудованием радиосети и UE установлены в таблице 2.

Таблица 2 — Требования к RIS для обеспечения ее совместимости с оборудованием радиосети и UE

Требования	Значение
Несущая частота	FR1/FR2/суб-ТГц/ТГц
Ширина полосы	В соответствии с требованиями радиосети
Режим работы	Должны поддерживаться режимы отражения и передачи
Дуплексный режим	Полный дуплекс
Взаимодействие	Взаимодействие с UL и DL

Одним из сценариев использования RIS является обеспечение заданной зоны покрытия и повышение спектральной эффективности проектируемых беспроводных радиосетей. Для этого требуется, чтобы RIS добавляла в тракт передачи данных достаточное усиление сигнала по сравнению с базовым уровнем и с тем, если бы RIS не была развернута.

Требования, связанные с повышением мощности сигнала в радиосети, зависят от многих факторов, таких как размер RIS, число элементов RIS, гибкость конфигурации RIS и т. д.

Требования к радиосети, связанные с повышением мощности сигнала для заданной зоны покрытия при использовании RIS, установлены в таблице 3.

Таблица 3 — Требования к радиосети, связанные с повышением мощности сигнала для заданной зоны покрытия при использовании RIS

Требования	Значение
Увеличение мощности	Тракт с RIS обеспечивает повышение мощности сигнала, по сравнению с трактом без RIS
Усиление переизлучаемой мощности	Активная RIS с усилителем увеличивает уровень мощности сигнала
Эффективность	Потери мощности в оборудовании с RIS между входными и выходными сигналами не превышают 2 дБ

6.7 Управление реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями в беспроводных радиосетях

6.7.1 Развертывание реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей в программируемых беспроводных центрах обработки данных

Система управления радиосетью в центрах обработки данных с использованием RIS снижает затраты на прокладку кабелей. Каждый сервер, размещенный в центре обработки данных, подключается к компоненту беспроводного соединения, обеспечивающему связь посредством направленного беспроводного распространения через элементы RIS. RIS размещают на задней панели стоек, на стенах и потолках помещений для динамического и удаленного управления беспроводными линиями связи, между серверами в одной стойке и между стойками.

6.7.2 Общие требования к управлению реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями

Управление RIS в беспроводных радиосетях включает в себя набор функций, которые RIS запускает в различное время и мгновенно реагирует на любые состояния радиосети. Набор функций управления RIS обеспечивает:

- централизованное управление БС;
- распределенное управление БС;
- автономное использование RIS;
- использование RIS, управляемой UE.

Управление RIS обеспечивает улучшение качества выбранных каналов DL/UL/SL.

Набор функций управления RIS включает в себя:

- измерение каналов между RIS и сетевыми узлами, между RIS и мобильными устройствами;
- измерение позиционирования RIS;
- выбор режима управления RIS;
- выбор конфигурации RIS;
- сбор и передачу контроллеру RIS информации о данных и параметрах управления (например, состояние буфера данных пользователей, шаблоны трафика, решение о выделении ресурсов, информация о QoS и т. д.).

При управлении RIS следует различать логические функции и функции, относящиеся к физическим технологиям RIS.

Если канал управления между текущим(и) и управляющим(и) узлом(ами) RIS изменяется, то с помощью функций управления должно осуществляться обновление категории управления RIS и/или узла(ов) управления.

6.7.3 Централизованное управление реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями

Централизованное управление RIS со стороны радиосети осуществляет и обновляет одна БС или более для обеспечения необходимой конфигурации RIS. Профиль управления расположен в центральном узле, в котором проводятся измерения и принимаются соответствующие решения по обновлению конфигурации RIS. По завершению процедуры обновления конфигурации RIS центральный узел пере-

дает информацию всем БС и дает им указание об обновлении конфигурации RIS. При централизованном управлении RIS координации между участвующими БС не требуется.

6.7.4 Распределенное управление реконфигурируемыми интеллектуальными поверхностями

Распределенное управление RIS со стороны радиосети осуществляет БС, в которой расположен профиль управления RIS. БС, взаимодействующая с RIS, обеспечивает обработку результатов измерений и принятие решений по обновлению конфигурации RIS. При распределенном управлении RIS несколько БС взаимодействуют с RIS, при этом во избежание конфликта между этими БС, RIS координирует их взаимодействие. На основе схем взаимодействия распределенные БС управляют несколькими RIS, добиваясь оптимизации системных показателей радиосети, например, достижения требуемой скорости передачи данных.

6.7.5 Реконфигурируемые интеллектуальные поверхности, управляемые абонентским оборудованием

Сценарий развертывания RIS внутри помещения является частью персональной или локальной радиосети. Локальная или персональная радиосеть может быть сетью, работающей в нелицензируемом спектре (например, сеть Wi-Fi), или сетью, работающей в лицензированном спектре (например, CPN или PIN). CPN и PIN являются небольшими персональными радиосетями в зоне покрытия общедоступной сети, поэтому объекты персональной радиосети, такие как eRG для CPN и элемент PIN с возможностью управления PIN, отвечают за управление радиосетью и/или аспекты управления. Точка доступа Wi-Fi, обеспечивающая покрытие, отвечает за аспекты управления и контроля радиосети. При этом UE, использующие персональные и локальные радиосети доступа, могут иметь прямые и непрямые соединения либо и то, и другое.

В сети Wi-Fi интегрированные в нее RIS и точка доступа Wi-Fi должны позволять одному из UE, подключенному к сети Wi-Fi, управлять RIS для того, чтобы устанавливать и поддерживать соединения с другими UE.

Если RIS интегрирована в CPN, то eRG разрешает одному из UE, принадлежащему CPN, управлять установлением и поддержанием соединения с другим UE внутри CPN.

Если RIS интегрирована в PIN, то элемент PIN с функцией управления разрешает одному из элементов PIN, который может быть устройством 3GPP, управлять RIS для установления и поддержания соединения с другим(и) элементом(ами) PIN в пределах PIN.

В обоих случаях для CPN и PIN элемент eRG или PIN с возможностью управления может настроить RIS для определенного диапазона рабочих частот.

УДК 621.397.132.129:006.354 ОКС 33.170

Ключевые слова: реконфигурируемые интеллектуальные поверхности, варианты развертывания, ключевые показатели эффективности, сценарии использования

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 18.08.2025. Подписано в печать 21.08.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,37.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru