

Применение технологии RedCap для оказания услуг IoT в сетях мобильной связи 5G

В.О.Тихвинский, д.э.н., академик РАЕН, проф. МВТУ им. Н.Э. Баумана и МУИТ (Республика Казахстан), главный научный сотрудник ФГБУ НИИР / vtiiir@mail.ru,
Е.Е.Девяткин, к.э.н., директор Центра исследований перспективных беспроводных технологий связи ФГБУ НИИР / deugene@list.ru,
А.С.Пастух, начальник лаборатории ФГБУ НИИР / apastukh@lenta.ru,
А.А.Савочкин, к.т.н., заведующий кафедрой "Инновационные телекоммуникационные технологии" Севастопольского государственного университета / savochkin_mail@mail.ru,
Ю.Я.Смирнов, к.т.н., начальник отдела НИИ Минобороны РФ /syy1969@yandex.ru

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2024.117.1.58.66

Растущие потребности в развертывании сетей Интернета вещей на основе мобильной связи пятого поколения привели к появлению новой технологии RedCap и ее стандартизации в Релизах 17 и 18 Партнерского проекта 3GPP. Анализируются рыночные и технологические особенности технологии RedCap, а также особенности применения абонентских устройств RedCap в сетях 5G при оказании услуг Интернета вещей.

Введение

Необходимость реализации в сетях 5G ключевых услуг mMTC или mMTC для массового применения абонентских устройств Интернета вещей (IoT) при обеспечении межмашинной связи, а также эффективного использования сетевых ресурсов привела к разработке и стандартизации в Релизе 17 3GPP новой технологии RedCap [1, 2]. Данная технология позиционируется как технология, ограничивающая введенные в Релизах 15 и 16 3GPP возможности радиointерфейса 5G NR для снижения сложности абонентских устройств 5G за счет применения упрощенного радиointерфейса NR-Light в целях удовлетворения требований сетей IoT в среднем уровне между услугами NB-IoT (4G) и URLLC.

В статье рассмотрены технологические особенности и отличия оборудования RedCap от стандартных

решений 5G, а также перспективы развития и применения технологии в сетях Интернета вещей.

Процесс стандартизации и рынок технологии RedCap

Вопрос о необходимости стандартизации новых недорогих, менее сложных абонентских устройств с батарейным питанием и приложений для услуг IoT в сетях 5G возник на этапе работ над Релизом 17 3GPP. На собраниях этого Партнерского проекта в июне 2019 года члены рабочих групп представили несколько предложений по требованиям и вариантам использования сети 5G для услуг Интернета вещей, которые получили наименование NR-Light. NR-Light относится к технологии 5G, но отличается уменьшенной шириной полосы частотного канала, меньшим количеством антенн MIMO и снижением уровня

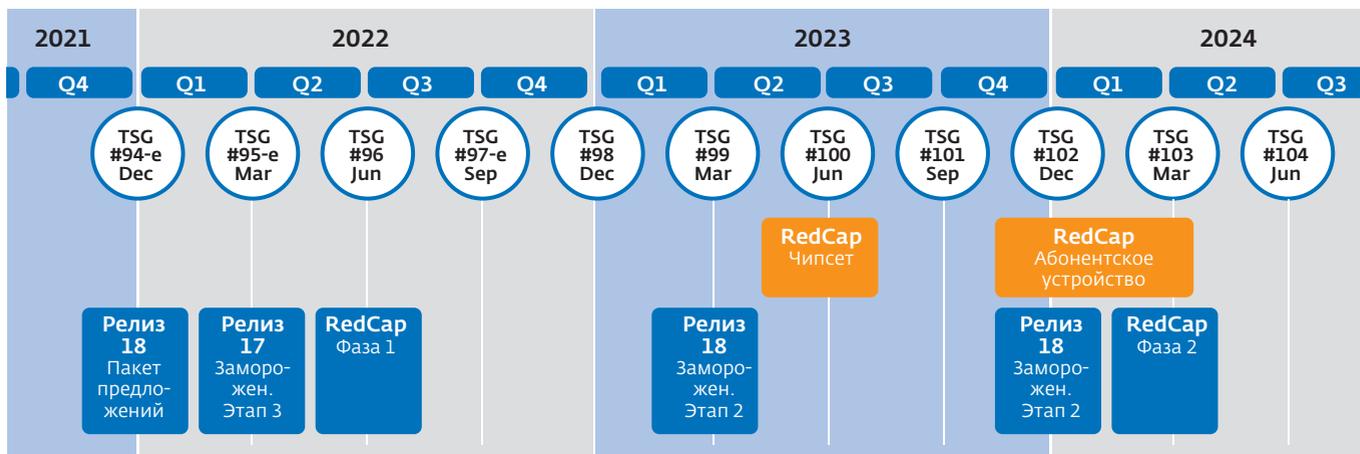


Рис.1. Планы стандартизации технологии RedCap в Релизе 18

модуляции QAM в линии вниз для упрощения конструкций абонентского оборудования.

За последние годы исследований и работ технология NR-Light стала известна как RedCap и была официально принята в ряде технических спецификаций Релиза 17 3GPP в июне 2022 года.

Дальнейшие планы стандартизации технологии RedCap и работы Партнерского проекта 3GPP в этом направлении показаны на рис.1.

Как видно из рис.1, стандартизация технологии RedCap в ходе проведения работ над Релизом 18 включает две фазы. Фаза 1 охватывает стандартизацию технологии в рамках Релиза 17 и формирование требований к чипсетам RedCap. Фаза 2 продолжает совершенствование технологии RedCap в Релизе 18 и формирование технического облика абонентских устройств (терминалов). Работа завершится во втором квартале 2024 года.

Стандартизуемая в Релизе 18 технология RedCap позволит еще больше упростить реализацию абонентского терминала, который сможет при этом поддерживать более широкий диапазон скоростей передачи данных и позволит расширить возможности устройства за счет внедрения позиционирования, протоколов Sidelink для прямой связи между терминалами 5G и использования нелицензионного спектра.

Рыночные тенденции в использовании RedCap характеризует то, что в настоящее время более 10 операторов мобильной связи из семи стран мира опробовали коммерческое внедрение этой технологии [4]. Ожидается, что в ближайшие три года количество подключений абонентских устройств RedCap в сетях Интернета вещей превысит 100 млн, будет стимулировать разработку новых приложений 5G.

Три крупнейших мобильных оператора – China Mobile, China Telecom и China Unicom – реализовали комплексное коммерческое развертывание оборудования RedCap в более чем 10 городах Китая, включая Шанхай, Ханчжоу, Нинбо, Шэньчжэнь, Фошань, Ниндэ, Цзинань и Сучжоу, охватывающее такие отрасли, как промышленное производство, электроэнергетику и интеллектуальные транспортные сети V2X.

Ожидаемая стоимость абонентских модулей RedCap не будет превышать 10 долл. США, что на 80% ниже, чем у абонентских модулей 5G, предназначенных для услуг eMBB. Исследование стоимости абонентских модулей 5G RedCap, проведенное 3GPP [1], показало потенциальное снижение затрат на их производство примерно в три раза при условии, что устройства 5G NR являются однодиапазонными. Учитывая то, что большинство коммерчески доступных абонентских устройств 5G NR обычно поддерживают более 15 частотных диапазонов, можно ожидать, что реальная стоимость при массовом производстве абонентских модулей RedCap будет существенно ниже полученных оценок.

На форуме MBBF-2023 в октябре 2023-го в Дубае было представлено более 10 типов абонентских модулей RedCap [4]. Компания Qualcomm в 2023 году выпустила систему Snapdragon X35 5G Modem-RF, которая стала первым модемом 5G NR-Light (RedCap). Модем может использовать до двух антенн и поддерживает пиковую скорость передачи данных 220 Мбит/с при ширине полосы канала 20 МГц в поддиапазоне частот FR1. Абонентские устройства с технологией RedCap позволяют обеспечить в 10 раз большую пропускную способность сети IoT, чем технологии 4G, при этом устройства RedCap будут потреблять на 20%

меньше энергии, чем аналогичные устройства 4G (NB-IoT и LTE-M).

Тестирование абонентского оборудования RedCap, проведенное компаниями Keysight и MediaTek, подтвердило возможность выполнения требований Релиза 17 3GPP. Модемы RedCap поддерживают раннюю идентификацию принадлежности к этой технологии, выбор части полосы пропускания (BWP), снижение требований к уровню управления радиоресурсами RRM абонентского оборудования: блокировку сигналов синхронизации устройств управления сетью NCD-SSB, улучшение использования зондирующего опорного сигнала SRS, применение режима расширенного прерывистого приема eDRX и физического канала управления линией связи PUCCH для режима скачкообразной перестройки частоты.

Основные инновации технологии RedCap

NR-Light (RedCap) – это технология, которая трансформирует преимущества технологий 5G NR в область недорогих и менее сложных устройств и приложений Интернета вещей с батарейным питанием. До появления RedCap возможности оказания услуг IoT в сетях 5G ограничивались использованием существующих технологий 4G: NB-IoT или LTE-M.

Представленные в Релизе 17 результаты исследований 3GPP [1] показали высокую востребованность технологии RedCap, которая заняла бы промежуточную нишу между технологиями 5G для ключевых услуг eMBB и URLLC в сетях Интернета вещей, стандартизованными Релизами 15 и 16 3GPP [6, 7], и технологиями Интернета вещей для услуги mMTC, реализованными в настоящее время с использованием абонентских устройств 4G: NB-IoT или LTE-M. При этом RedCap относится к технологиям 5G и имеет улучшенные характеристики, более низкую стоимость, меньшую сложность и большую компактность абонентских устройств по сравнению с 4G.

Рассмотрим более детально основные инновации, стандартизованные Релизом 17 3GPP для абонентских устройств RedCap.

Измерения параметров управления радиоресурсами соседних сот

Технические инновации, совершенствующие технологию RedCap, реализованы на уровнях протокола управления радиоресурсами [5] и протокола конвергенции пакетных данных PDCP [9] сети 5G, а также влияют на сценарии использования услуг IoT и mMTC.

Устройства RedCap будут поддерживать меньше состояний (Idle/Inactive states) протокола управления радиоресурсами RRC по сравнению с полнофункциональными абонентскими устройствами 5G NR: два состояния низкой активности (RRC Idle и RRC Inactive) и состояние высокой активности (RRC Connected).

Техническими спецификациями 3GPP устройствам RedCap разрешено дополнительно снижать количество измерений параметров RRM для соседних сот, чтобы уменьшить энергопотребление RedCap. Это сокращение числа измерений упрощает управление состояниями внутри абонентского устройства RedCap, что приводит к меньшему количеству переходов между состояниями и, как следствие, способствует снижению энергопотребления.

Уровень протокола PDCP в устройстве 5G NR играет решающую роль в передаче данных, выполняя такие функции, как сжатие заголовка, шифрование и изменение порядка пакетов данных. Технология RedCap вводит оптимизацию форматов данных PDU уровня PDCP, которая оптимизирует эти процессы, еще больше повышая эффективность передачи данных и способствуя повышению общей производительности устройства.

Максимальная ширина канала абонентского устройства

Типовое абонентское устройство 5G NR может поддерживать частотные каналы шириной до 100 МГц в поддиапазоне частот FR1 (410–7125 МГц) и до 200 МГц в поддиапазоне FR2 (24,250–52,600 ГГц) для передачи и приема. Для абонентских устройств RedCap эти требования снижены до 20 МГц (до 5 МГц в Релизе 18) и 100 МГц соответственно. Однако такое сокращение ширины частотных каналов по-прежнему позволяет легко повторно использовать все физические каналы и сигналы, указанные для первоначального сбора данных, для устройств RedCap, что сводит к минимуму влияние на развертывание сети и устройств при внедрении этой технологии для поддержки новых сценариев использования услуг IoT.

Минимальное количество используемых приемных каналов абонентского устройства

Количество приемных каналов абонентского устройства зависит от количества приемных антенн. Таким образом, уменьшение числа приемных каналов приводит к уменьшению количества антенн и экономии затрат на оборудование.

Требования к минимальному количеству каналов приема зависят от используемого в абонентском

устройстве RedCap поддиапазонов FR1 или FR2. Некоторые диапазоны частот 5G (FR1 с частотным разделением (FDD), FR1 с временным разделением (TDD) и все диапазоны FR2) требуют, чтобы обычное абонентское устройство 5G с радиоинтерфейсом NR имело два приемных канала (1TX2RX), в то время как в некоторых других диапазонах частот, в основном в поддиапазонах FR1 с режимом TDD, требуется, чтобы терминал 5G был оснащен четырьмя приемными каналами (2TX4RX).

Для частотных диапазонов 5G, в которых типовое абонентское устройство 5G с радиоинтерфейсом NR имеет как минимум два приемных канала, терминал RedCap должен иметь только один приемный канал. Отличия структуры и используемых сигнальных конструкций типового абонентского устройства 5G и абонентского устройства RedCap показаны на рис.2.

До настоящего времени вопрос о необходимости абонентскому устройству RedCap иметь один или два приемных канала еще исследуется при подготовке Релиза 18, тогда как стандартное абонентское устройство 5G с радиоинтерфейсом NR должно использовать как минимум четыре приемных канала.

Максимальное количество уровней MIMO в линии "вниз"

Максимальное количество уровней MIMO в линии связи вниз (DL) для антенн абонентского устройства RedCap совпадает с количеством поддерживаемых им приемных каналов (2x2 MIMO DL и 1 SISO UL). Для абонентского устройства RedCap UE с двумя приемными каналами DL должны поддерживаться два уровня MIMO.

Такое уменьшение числа приемных каналов терминала RedCap оценивается в сравнении с аналогичными требованиями к базовому абонентскому устройству 5G, которое может иметь восемь уровней MIMO для режима одиночного пользователя (SU) в антенне MIMO.

Максимальный уровень модуляции в линии "вниз"

Абонентское устройство 5G NR в поддиапазоне FR1 требует поддержки модуляции 256QAM в линии "вниз". Для терминалов же RedCap поддержка уровня модуляции 256QAM в этой линии не является обязательной. Для поддиапазонов FR1 и FR2 как в линии "вверх", так и "вниз", требование к уровню модуляции для устройств RedCap может быть ограничено уровнем 64QAM, что упрощает такие устройства и снижает их стоимость.

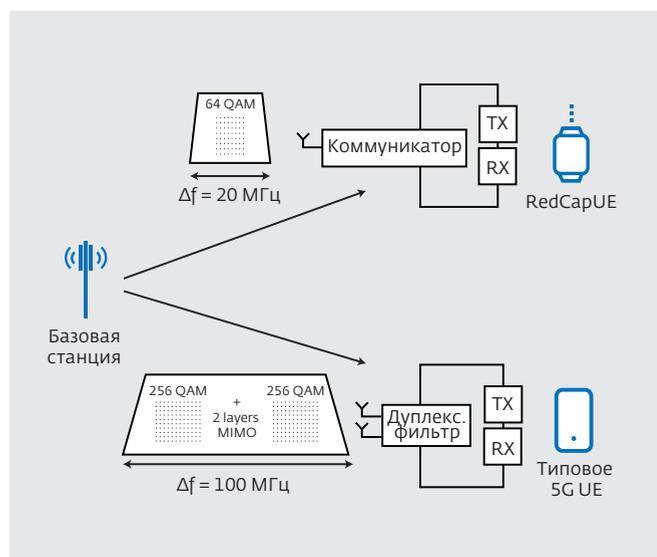


Рис.2. Отличия абонентских устройств 5G NR и 5G RedCap (Источник: Ericsson)

Дуплексная работа абонентских устройств

В части режимов дуплексной работы основное упрощение касается работы терминалов RedCap в диапазонах HD-FDD. Поскольку абонентским устройствам RedCap для полудуплексного режима работы HD-FDD не нужны дуплексеры, эти устройства обладают потенциалом более высокой интеграции с кремниевыми микросхемами. Дуплексеры представляют собой фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ) и изготавливаются с использованием пьезоэлектрической подложки, что предотвращает их интеграцию в наборы микросхем на основе полупроводников. Это означает, что устройства RedCap в режиме HD-FDD будут иметь меньший форм-фактор, чем ныне используемые устройства LTE и терминалы 5G NR, поскольку такие дуплексеры имеют меньшие габариты. Учитывая, что интеграция усилителя мощности и удаление дуплексера из архитектуры абонентского устройства RedCap для режима работы HD-FDD снизят вносимые потери, устройства RedCap HD-FDD будут потреблять меньше энергии.

Типовое абонентское устройство 5G NR должно поддерживать работу в полнодуплексном режиме (FD) для частотного разнесения каналов, то есть одновременно обеспечивать передачу и прием на разных дуплексных частотах. Поэтому полнодуплексное устройство RedCap требует использования дуплексного фильтра

Таблица 1. Характеристики абонентских устройств 5G NR и 5G RedCap

Характеристики абонентских устройств	Типовые абонентские устройства 5G NR	Абонентские устройства 5G RedCap
Максимальная ширина канала	100 МГц для FR1, 200 МГц для FR2	20 МГц для FR1 (Релиз 17), 5 МГц для FR1 (Релиз 18), 100 МГц для FR2
Минимальная конфигурация MIMO	2TX4RX	1TX1RX или 1TX2RX (2x2 MIMO DL и 1 SISO UL)
MIMO-уровни антенны приемника	8 уровней для режима SU (MIMO)	1 уровень
Максимальный уровень модуляции	1024QAM DL	64QAM UL, 256 QAM DL
Режимы разделения каналов	TDD, FDD	FR1: TDD, FD-FDD, HD-FDD (полудуплексный режим), FR2: TDD
Мощность излучения передатчика, дБм	20, 23	14
Максимальное число DRB	16	8 (FR1)
Максимальная длина поля порядкового номера SN PDCP	18 бит	12 бит (FR1)

для изоляции помех между каналами передачи и приема. На практике одному и тому же терминалу RedCap может потребоваться поддержка нескольких диапазонов FDD, поэтому для поддержки режима FD-FDD может потребоваться несколько дуплексных фильтров.

Основные отличия абонентских устройств 5G NR от устройств 5G RedCap показаны в табл.1 [5, 6].

Особенности функционирования абонентских устройств 5G RedCap

Обеспечение совместной работы абонентских устройств RedCap и других терминалов 5G NR в сети 5G было одной из ключевых целей рабочих вопросов Партнерского проекта 3GPP для технологии RedCap. В результате эти абонентские устройства были разработаны таким образом, чтобы эффективно решать вопрос совместной работы с другими абонентскими устройствами 5G NR.

Одной из ключевых особенностей работы терминалов RedCap является необходимость как можно раньше идентифицироваться в сети 5G, подтвердив, что подключаемое устройство является устройством RedCap. Для этого используются два варианта идентификации [8]:

- первый предполагает, что устройство использует идентификаторы ключей, уникальные для устройства RedCap, на более низком уровне, а именно на уровне MAC (управления доступом к среде). При этом используется специальный идентификатор, формируемый RedCap и называемый LCID (идентификатор логического канала). Принимающая LCID базовая станция gNB будет уведомлена и работать для поддержания соединения на основе технологии RedCap;
- второй метод предполагает назначение gNB параметров доступа (возможностей и преамбул), которые зарезервированы специально для абонентских устройств RedCap.

Как только базовая станция идентифицирует абонентское устройство как терминал RedCap, она вносит изменения в конфигурацию сети радиодоступа 5G RAN, вводя ограничения на работу этих устройств в сети 5G, которые состоят в следующем:

- устройства 5G RedCap UE обеспечивают обязательную поддержку восьми однонаправленных радиоканалов данных DRB (Data Radio Bearer), но могут поддерживать при необходимости и стандартное значение 16 DRB (как обычное устройство NR UE);

- 5G RedCap UE обязательно поддерживают 16-битные порядковые номера PDCP/RLC, но могут дополнительно поддерживать 18-битные порядковые номера PDCP/RLC;
- 5G RedCap UE могут поддерживать функцию автоматической генерации отношений между соседними сотами базовой станции gNB (ANR), что ухудшает поддержку мобильности, возможности балансировки нагрузки, делает невозможным использование режима двойного подключения с несколькими радиотехнологиями RAT (MR-DC). Функция ANR управляет таблицей отношений соседних сот (NRT), то есть при обнаружении новых соседей ANR находит соседей и добавляет их в NRT;
- 5G RedCap UE не поддерживает агрегацию несущих (CA) и двойное присоединение (MR-DC) таких абонентских устройств;
- 5G RedCap UE не поддерживают формат общей сигнализации группы абонентских устройств в линии "вниз" DCI 2_0 (уведомление группы UE о формате слота) и DCI 2_1 (уведомление группы абонентских устройств 5G UE о PRB(ax) и символе(ax) OFDM), но обязаны поддерживать формат DCI 0_0/0_1 (планирование канала PUSCH в одной соте);
- количество приемных устройств RX для абонентского устройства 5G RedCap UE устанавливается соответствующим параметром max Number MIMO-Layers PDSCH в структуре параметров, определяющим возможности UE.

Основные изменения в работе для базовых станций 5G gNB при внедрении устройств RedCap заключаются в адаптации специфических функций сети 5G для начального кемпинга сот [10] и первоначального доступа в канале произвольного доступа (RACH), а также для работы, когда устройство RedCap остается подключенным к базовой станции. Основные назначения первоначального доступа в канале RACH:

- достичь синхронизации канала линии "вверх" между абонентским оборудованием RedCap UE и gNB;
- получить сетевой ресурс для передачи сообщения MSG3 (например, запроса на соединение для управления радиоресурсами RRC).

Для реализации технологии RedCap в сети 5G в Релизе 17 3GPP добавлено несколько функциональных возможностей, перечисленных ниже:

- использование элементов системно-информационных блоков SIB, отключающих поддержку абонентского оборудования RedCap на gNB (например, SIB1, SIB4);

- информирование о возможностях управления радиоресурсами абонентского оборудования RRC-UE: абонентское оборудование UE должно сообщить о своей возможности поддержки технологии RedCap;
- реконфигурацию управления радиоресурсами RRC: базовая станция может настроить абонентское оборудование RedCap (например, конфигурацию RLC, PDCP);
- элементы управления (CE) MAC: несколько дополнительных элементов управления MAC для обеспечения работы абонентского оборудования RedCap.

Процедура начального вызова и синхронизации абонентских устройств RedCap

В Технических спецификациях 3GPP [11] для абонентских устройств RedCap UE введены новые информационные элементы (IE), которые управляют процессами первоначального доступа в RACH и начального кемпинга сот [10]:

- **cellBarredRedCap-r17**: этот параметр отправляется базовой станции gNB в системно-информационном блоке SIB#1. Если информация блока SIB#1 показывает, что сота "запрещена" к использованию технологией RedCap, то абонентское устройство RedCap UE не может закрепиться в ней (начать процедуру кемпинга) и оно должно запустить процедуру управления радиоресурсами RRC, чтобы найти другую соту, которая "не заблокирована";
- **intraFreqReselectionRedCap-r17**: этот параметр необходим для поддержки использования RedCap UE в соте; если он отсутствует, то сота будет заблокирована для использования терминалами RedCap;
- **halfDuplexRedCapAllowed**: если параметр отсутствует, то RedCap UE должно считать соту заблокированной и рассмотреть возможность повторного выбора других сот на той же частоте;
- **initialDownlinkBWP-RedCap**: параметр определяет начальную часть полосы BWP в линии DL, которую абонентское устройство RedCap UE будет использовать во время процедуры первоначального доступа в канале произвольного доступа RACH;
- **initialUplinkBWP-RedCap**: параметр определяет начальную часть полосы BWP в линии UL, которую RedCap UE будет использовать во время процедуры первоначального доступа в канале RACH;

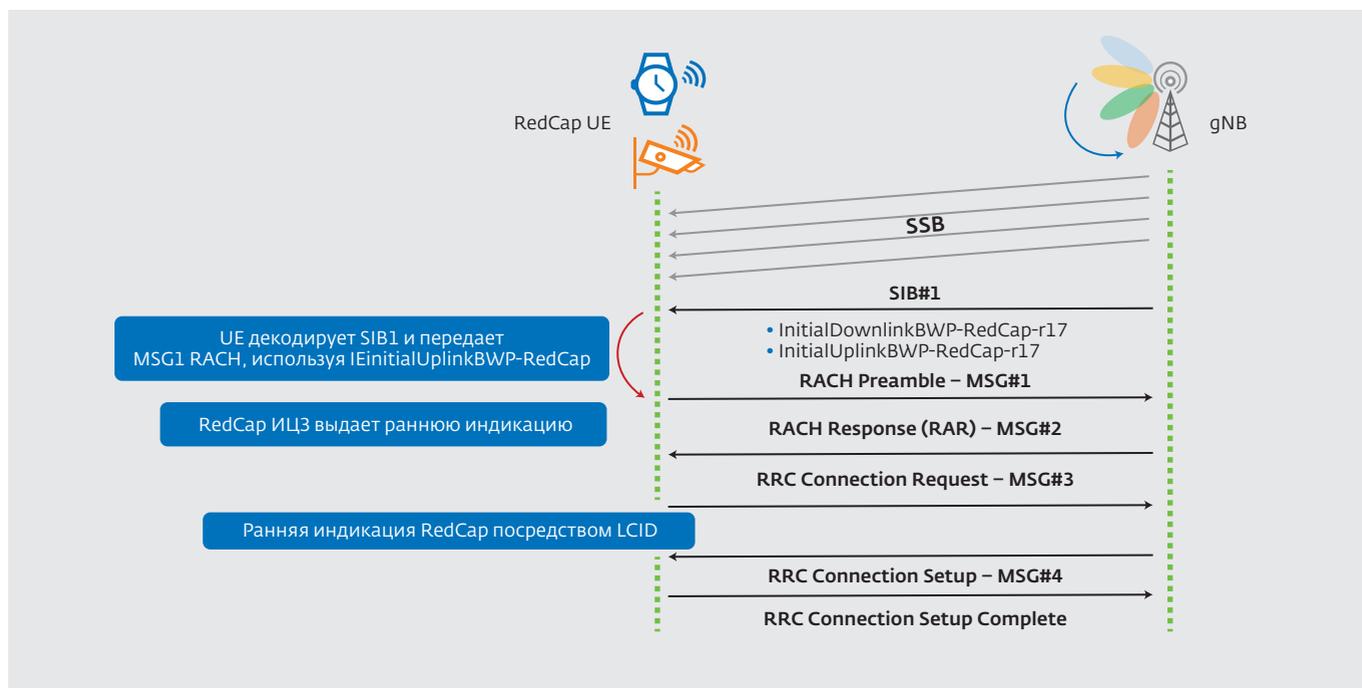


Рис.3. Процедура установления начальной синхронизации абонентского устройства RedCap (Источник: ShareTechnote)

- **intra-SlotFH-r17:** абонентское устройство RedCap UE будет применять другую скачкообразную перестройку частоты в канале PUCCH внутри временного слота, когда этот параметр включен;
 - **redCapAccessAllowed-r17:** параметр указывает, может ли абонентское устройство RedCap UE получать доступ к частоте и запрещает абонентскому устройству RedCap UE измерять параметры соседних сот, не поддерживающих RedCap. Параметр передается как часть системно-информационного блока SIB#4 от базовой станции gNB;
 - **RelaxedMeasurement-r17:** параметр добавляет понятия "стационарный" и "граница соты в стационарном состоянии", при наличии которых абонентское устройство RedCap может применять ослабления требований, приведенных в [8];
 - **Идентификатор логического канала (LCID):** определенные значения для устройств RedCap определяются и используются для идентификации устройства как RedCap во время сообщения MSG3.
- На рис.3 показан пример процедуры установления начальной синхронизации (SS) и обмена служебными сообщениями (MSG) во временной области с использованием новых информационных элементов технологии RedCap, который включает следующие шаги:
- абонентское устройство декодирует системно-информационный блок SIB#1 после декодирования идентификаторов физической соты Cell ID и главного информационного блока (MIB) из передаваемого базовой станцией блока сигнала синхронизации (SSB);
 - широкопередаточная информация системно-информационного блока SIB#1 обеспечивает раннюю индикацию поддержки RedCap на gNodeB;
 - используя параметр cellBarredRedCap-r17 системно-информационного блока SIB#1, RedCap UE решает, находится в соте или нет;
 - после принятия решения о кемпинге соты абонентское устройство декодирует часть полосы пропускания DL и UL, необходимую во время процедуры первоначального доступа в канале RACH;
 - абонентское устройство использует параметр InitialUplinkBWP-RedCap-r17 из сообщения MSG#1 (Передача преамбулы), хотя базовая станция может разрешить устройству RedCap UE использовать конкретную часть полосы BWP для использования в устройстве RedCap или уменьшить требования к размеру BWP, чтобы позволить RedCap UE завершить процесс регистрации;
 - базовая станция идентифицирует абонентское устройство UE как устройство RedCap UE,



СОЧИ ИНФОФОРУМ

11^й ЮЖНЫЙ ФОРУМ
ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

15-18 апреля 2024

БУДУЩЕЕ ЦИФРОВОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
СЕГОДНЯ



используя полученное сообщение MSG3 с идентификатором логического канала (LCID).

Таким образом, процедура ранней идентификации и синхронизации на основе введенной системы новых информационных элементов IE технологии RedCap позволяет распознать и отделить абонентское устройство RedCap UE от типовых абонентских устройств 5G UE.

Сценарии использования технологии RedCap для оказания услуг IoT

Анализ услуг, стандартизованных на первой фазе развития абонентских устройств RedCap в сетях Интернета вещей 5G в Релизе 17, включают три сценария [1].

Услуги передачи данных от промышленных беспроводных датчиков:

- скорость передачи данных (макс.): 2 Мбит/с;
- сквозная задержка: < 100 мс;
- доступность услуги: 99,99%;
- срок службы батареи устройства: не менее нескольких лет;
- схема трафика: интенсивный трафик линии вверх;
- мобильность: отсутствует.

Услуги видеонаблюдения:

- скорость передачи данных (макс.): 2–25 Мбит/с;
- сквозная задержка: < 500 мс;
- доступность услуги: 99%;
- срок службы батареи устройства: не определен;
- схема трафика: интенсивный трафик линии вверх;
- мобильность: отсутствует.

Услуги носимых устройств Интернета вещей:

- скорость передачи данных (макс.): 150 Мбит/с (DL), 50 Мбит/с (UL);
- сквозная задержка: не определена;
- доступность услуги: не определена;
- срок службы батареи устройства: от нескольких дней до 1–2 недель;
- схема трафика: интенсивный трафик линии вверх;
- мобильность: используется.

Исследования Партнерского проекта 3GPP, направленные на совершенствование сетевых возможностей технологии RedCap на этапе Релиза 18 позволят расширить сценарии использования этой технологии RedCap в сетях Интернета вещей 5G.

Заключение

Появление технологии RedCap в сетях 5G позволило расширить возможности сетей 5G по созданию и развитию

сетей и услуг Интернета вещей. Эта технология заняла нишу между ключевыми услугами eMBB и uRLLC, требующими использование сложных, дорогих и высокоскоростных абонентских устройств 5G, и mMTC, использующих абонентские устройства NB-IoT и LTE-M с более низкими техническими возможностями по передаче данных.

Процесс стандартизации RedCap разделен на две фазы (Релиза 17 и Релиза 18), при этом ожидается, что вторая фаза завершится стандартизацией еще более простых и дешевых абонентских устройств на основе RedCap, которые будут иметь возможность строить сети беспроводных датчиков для сбора данных на промышленных установках и объектах, отслеживать состояние инфраструктуры различных отраслей, а также устройства наблюдения для использования в умных городах, на заводах и в других приложениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3GPP TR 38.875. Technical Specification Group Radio Access Network; Study on support of reduced capability NR devices (Release 17).
2. 3GPP TS 38.306. Technical Specification Group Radio Access Network; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (Release 17).
3. 5G NR-Light (RedCap) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2022/07/what-is-5g-nr-light-a-k-a-redcap-and-how-will-it-accelerate-t> (дата обращения 22.12.2023).
4. 14th Global Mobile Broadband Forum (MBBF-2023). 10–11 October 2023. Dubai, UAE.
5. 3GPP TS 38.331. Technical Specification Group Radio Access Network; 5G; NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification.
6. 3GPP RP-193264. Rel-17 enhancements for NB-IoT and LTE-MTC.
7. 3GPP RP-191047. NR-Lite for Industrial Sensors and Wearables (Ericsson).
8. 3GPP TS 38.133. Technical Specification Group Radio Access Network; 5G; NR; Requirements for support of radio resource management.
9. 3GPP TS 38.323. Technical Specification Group Radio Access Network; 5G; NR; Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification.
10. **Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А., Девяткин Е.Е.** Развитие сетей мобильной связи от 5G Advanced к 6G: Проекты, технологии, архитектура. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. 528 с.
11. **Sandeep N. et al.** Toward Smaller and Lower-Cost 5G Devices with Longer Battery Life: An Overview of 3GPP Release 17 RedCap // IEEE Communications Standards Magazine. 2022. Vol. 6. Iss. 3. PP. 84–90.

18+



РОССИЙСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РМЭФ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ

24-26 АПРЕЛЯ 2024

XXXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
 **ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ПАРТНЕР



ТОРАЗ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ENERGYFORUM.RU
rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб. 2626

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RETEC.RU
visit@energetika-restec.ru
+7 (812) 320 63 63, доб. 743



@ENERGYFORUMSPB
САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ О РМЭФ
В НАШЕМ TELEGRAM- КАНАЛЕ!

