

## **Kuranov A.S., Fedorov A.S. Overview of NB-IoT Core Network and Devices optimization**

Обзор способов оптимизации работы ядра сети и устройств технологии NB-IoT

**Kuranov Alexander Sergeevich,**

Graduate Student, Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

**Fedorov Andrey Sergeevich,**

Engineer of Research and Education Center «Wireless Infotelecommunication Networks», SPbSUT

Куранов Александр Сергеевич,

Магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Федоров Андрей Сергеевич,

Инженер научно-образовательного центра «Беспроводные инфотелекоммуникационные сети», СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

***Аннотация.** Данная работа содержит обзор возможных способов оптимизации работы ядра сети и устройств технологии NB-IoT. Описаны основные используемые способы, такие как процедуры оптимизации, режимы сохранения энергии и конфигурация таймеров.*

***Ключевые слова:** Интернет Вещей, мобильная связь, ядро, оптимизация, процедуры*

***Abstract.** This article is devoted to overview of NB-IoT core network and devices optimization. Basic methods, such as optimization procedures, energy conservation modes, and timer configuration, are described.*

***Keywords:** Internet of Things, IoT, mobile communications, core, optimization, procedures.*

DOI 10.54092/25421085\_2022\_4\_104

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Для поддержания массовой межмашинной связи (mMTC – Massive Machine-Type Communications) системам мобильного Интернета Вещей (CIoT – Cellular Internet of Things) требует проведения оптимизации работы как ядра сети, так и конечных устройств. Одним из способов является минимизация служебных сигналов, что достигается внедрением в работу некоторых оптимизирующих процедур CIoT EPS [1].

CP CIoT оптимизация использует плоскость управления для пересылки пакетов данных UE. Для этого пакеты данных отправляются инкапсулированными в сообщениях сигнализации NAS в MME (сообщение 2 на рисунке 1.7). Для пользовательских устройств NB-IoT поддержка этой процедуры является обязательной. Поскольку CP использует плоскость управления для пересылки пакетов данных, передача или прием сообщений отправляется, как сообщения сигнализации NAS, между UE и MME. По сравнению с традиционной процедурой Service Request, UE избегает установки безопасности AS (Access Stratum) и

установления сквозных каналов (default bearer), необходимых при каждой передаче данных. Сценарий данной процедуры представлен на рисунке 1.

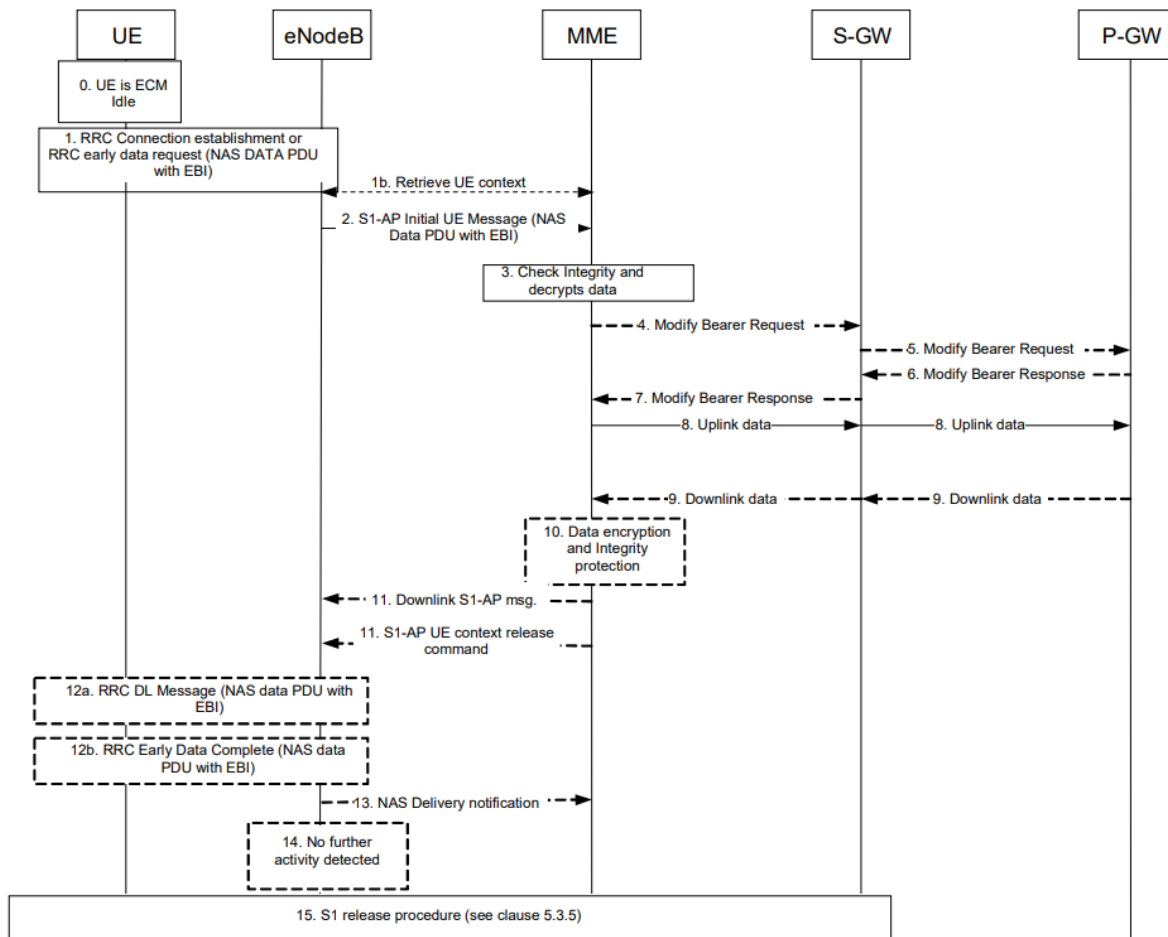


Рисунок 1. Сценарий CP IoT оптимизации

Данная оптимизация подходит для коротких транзакций с данными. Когда UE передает данные по восходящей линии связи, сообщение сигнализации NAS, инкапсулирующее пакет данных, может включать в себя поле Release Assistance Information (RAI). Поле RAI позволяет UE уведомлять MME, если дальнейших передач данных по UL или DL не ожидается, или если ожидается только одна передача данных по DL после этой передачи данных по UL. В таком случае MME может немедленно запустить процедуру S1 release, если не установлены сквозные каналы в плоскости пользователя между eNB и SGW. Следовательно, поле RAI позволяет MME сокращать период, в течение которого UE находится в состоянии CONNECTED, ожидая возможных дополнительных передач.

К сожалению, данная оптимизация, в настоящее время, не позволяет серверам приложений уведомлять MME, если дальнейшие передачи данных не ожидаются. Кроме того, UE или MME могут инициировать установление сквозных каналов пользовательской плоскости между eNB и SGW во время передачи данных в CP. Например, если размер данных, передаваемых с помощью CP, превышает предел, MME может инициировать эту процедуру. Это изменение

функциональности подразумевает освобождение определенного сквозного канала в плоскости пользователя CP между MME и SGW, установление сквозных каналов в плоскости пользователя и настройку безопасности AS.

В CP ClIoT оптимизации данные с UE передаются по сигнализации до MME. При этом может быть 4 варианта адресации: IPv4, Pv6, IPv4/IPv6, Non-IP Data Delivery (NIDD). Существует 2 варианта передачи данных от MME до SCEF и до PGW через SGW. В случае передачи данных до PGW через SGW конфигурируется интерфейс S11-U между MME и SGW. В данном случае поддерживаются все 4 вариант адресации. В случаи с NIDD используется туннель PtP. В случае, если в сети имеется SCEF, соединенный с MME интерфейсом T6a, то в таком случае возможно передача пользовательского трафика по интерфейсу T6a на SCEF. В данном варианте поддерживается NIDD адресация. При добавлении данных оптимизаций архитектура ядра сети изменяется путем внедрения узла SCEF (представлена на рисунке 2).

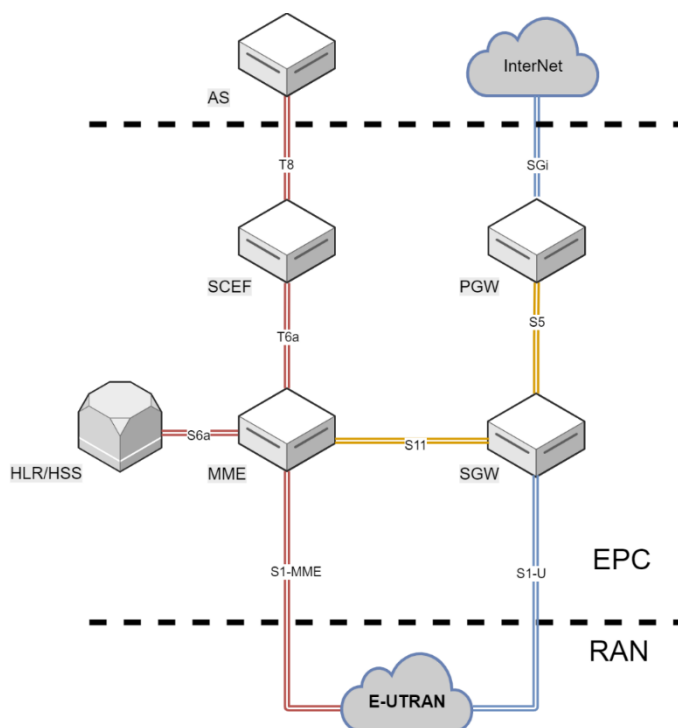


Рисунок 2. Ядро сети 4-го поколения с SCEF

Узел SCEF выполняет следующие функции:

- Привязка идентификатора сим-карты (IMSI) к external ID;
- Передача non-IP трафика (Non-IP Data Delivery, NIDD);
- Групповые операции, с использованием external group ID;
- Поддержка режима передачи данных с подтверждением;
- Буферизация MO (Mobile Originated) и MT (Mobile Terminated) данных;
- Аутентификация и авторизация устройств и серверов приложений;
- Одновременное использование данных одного UE несколькими AS;

- Поддержка специальных функций контроля состояния UE (Monitoring Events);
- Триггеринг устройств;
- Обеспечение роуминга non-IP данных.

Как правило, оптимизация CP перемещает трафик плоскости пользователя. В LTE этот трафик обрабатывается eNB и SGW. Однако с CP UE отправляет пакеты данных плоскости пользователя, инкапсулированные в сообщениях NAS, через плоскость управления в MME. Следовательно, MME действует как посредник между eNB и SGW, а оптимизация CP в основном подразумевает добавление функциональных возможностей пользовательской плоскости в MME. Следовательно, существует значительное влияние на функциональные возможности MME и традиционное использование контекста безопасности NAS. Например:

- Использование интерфейса S11 между MME и SGW для передачи данных пользовательской плоскости через новый туннель S11-U. Это подразумевает добавление стека протоколов плоскости пользователя в MME. В частности, включение протокола GTP-U в этот узел;
- Значительное увеличение нагрузки обработки на MME из-за обработки блоков данных протокола данных NAS (PDU). Это подразумевает установление приоритетов и обработку перегрузки между PDU сигнализации NAS и PDU данных NAS в MME. MME может предоставить eNB профиль QoS UE, чтобы помочь в принятии решений по приоритезации ресурсов.
- Управление скоростью пользовательских данных, отправляемых в UE и из UE. Это позволяет сети защитить свой MME и сигнальные радиоканалы от нагрузки, создаваемой блоками PDU данных NAS.
- Возможность немедленного высвобождения радиоресурсов, иницированного MME, если UE указывает RAI в NAS PDU. Это добавляет еще одну причину для иницированной MME процедуры S1 release.

Таким образом видно, что у CP Clot оптимизаций есть свои плюсы и свои минусы, поэтому она не для всех случаев.

Альтернативная оптимизация процедуры передачи данных – UP Clot. Для этого требуется начальное установление RRC-соединения, которое конфигурирует радиоканалы и контекст безопасности AS в сети и UE. После этого UP позволяет приостановить и возобновить RRC-соединение с помощью двух новых контрольных процедур: Connection Suspend и Connection Resume. Поддержка этой оптимизации не является обязательной для пользовательских устройств NB-IoT. Сценарий данных процедур показан на рисунках 3 и 4.

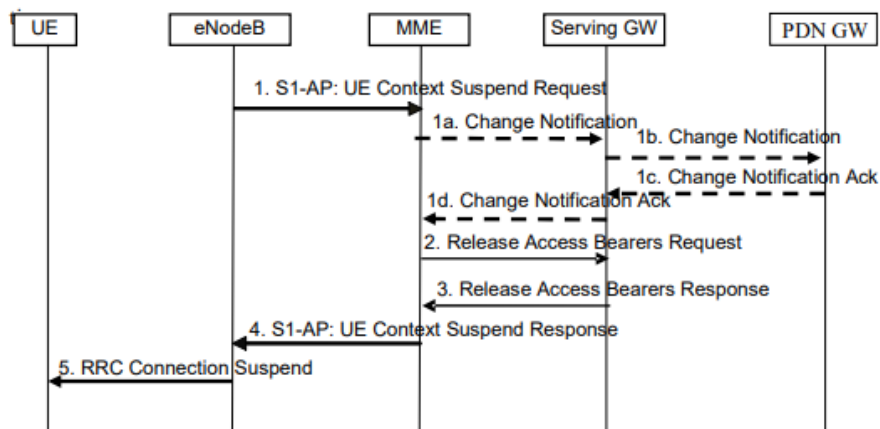


Рисунок 3. Сценарий процедуры UE Context Suspend

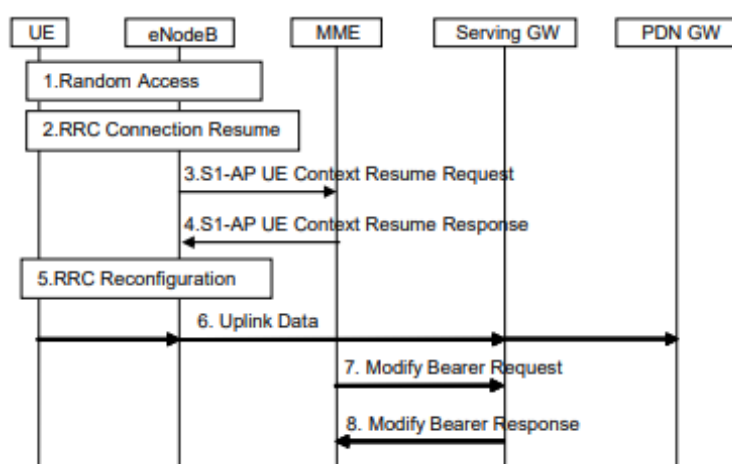


Рисунок 4. Сценарий процедуры UE Context Resume

Когда UE переходит в состояние ожидания RRC, процедура приостановки соединения позволяет сохранить контекст UE в UE, eNB и MME. Позже, когда появится новый трафик, UE может возобновить соединение. Чтобы возобновить соединение RRC, UE предоставляет идентификатор возобновления, который будет использоваться eNB для доступа к сохраненному контексту. Посредством сохранения контекста UE, вместо его освобождения, UE избегает установки безопасности AS при каждой передаче данных по сравнению с традиционной процедурой Service Request. Поскольку оптимизация UP использует обычную возможность подключения в плоскости пользователя, последующие пакеты данных могут передаваться по установленным сквозным каналам в пользовательской плоскости. Следовательно, UP оптимизация подходит для коротких или больших транзакций данных. Недостатком UP Clot оптимизации является хранение контекста абонента на eNB, что при большом кол-ве абонентов, редко подключающихся для передачи данных к данной соте, может значительно увеличить потребляемое eNB оперативной памяти.

Еще одним важным аспектом оптимизации является экономии заряда батарейки устройства. В технологии NB-IoT предусмотрены два режима сохранения энергии: PSM и eDRX.

Power Saving Mode (PSM) – это режим, аналогичный отключению питания, при котором устройство, тем не менее, остается зарегистрированным в сети [2]. Устройство NB-IoT инициирует режим PSM, включая значения двух таймеров в запросы Attach request или TAU request, посылаемые в процедурах Attach и TAU. Первый таймер — T3324 Active Timer — определяет время, в течение которого устройство остается доступным со стороны сети после процедуры Attach, TAU или передачи данных. Если сеть разрешает использование режима PSM, то значения этих таймеров включаются в ответные сообщения ATTACH ACCEPT/TAU ACCEPT. При определении значений таймеров сеть может принимать во внимание не только значения, запрашиваемые устройством, но и локальную конфигурацию. Другими словами, сеть не обязана подтверждать в точности те значения таймеров, которые запросило устройство. Зато устройство обязано применить значения, полученные от сети. Длительность нахождения устройства в режиме PSM определяется как разница между Extended periodic TAU Timer и Active Timer (T3412-T3324). Так как значение T3324 Active Timer может быть равно нулю, то максимальное теоретическое время нахождения устройства в режиме PSM равняется максимальному времени T3412 Extended periodic TAU Timer и составляет 413 дней и 8 часов. Максимальное значение T3324 Active Timer составляет 3 часа и 6 минут (186 минут). При этом устройство может выйти из режима PSM в любое время. Принцип работы PSM представлен на рисунке 5.

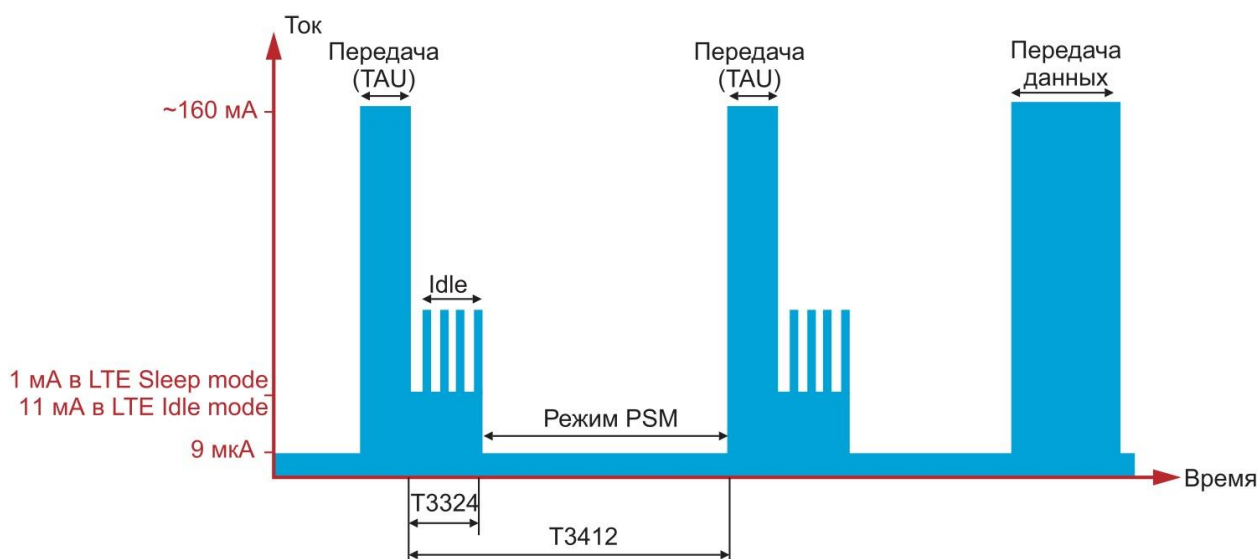


Рисунок 5. Power Saving Mode

eDRX (Extended idle mode DRX) можно считать дополнительным режимом энергосбережения устройства. DRX означает прерывистый приём (Discontinuous Receiving). Метод прерывистого приема известен в сотовой связи давно, и заключается в том, что для сохранения энергии приемный тракт устройства

включается периодически в определенные промежутки времени, а большую часть времени отключен. Сеть «знает» об этом и посылает сигналы вызова (paging) только в те моменты времени, когда UE доступно. Расширенный режим прерывистого приёма (eDRX) позволяет существенно увеличить период времени, когда приемный тракт устройства выключен. Согласно спецификации 3GPP TS 23.682, период прерывистого приема eDRX (Цикл пейджинга) в режиме NB-IoT составляет от 20,48 до 10485,76 секунды (почти 3 часа). Устройство NB-IoT активирует режим eDRX, передавая параметры длительности окна пейджинга (Paging Time Window, PTW) и длительности цикла пейджинга (Cycle Length) в запросах ATTACH REQUEST/TAU REQUEST, посылаемых в процедурах Attach и TAU. Если сеть разрешает использование режима eDRX, то значение периода eDRX включается в ответные сообщения ATTACH ACCEPT/TAU ACCEPT. Сеть не обязана подтверждать запрошенное устройством значение периода eDRX, а вот устройство обязано применить значение, переданное сетью. Принцип работы PSM представлен на рисунке 6.

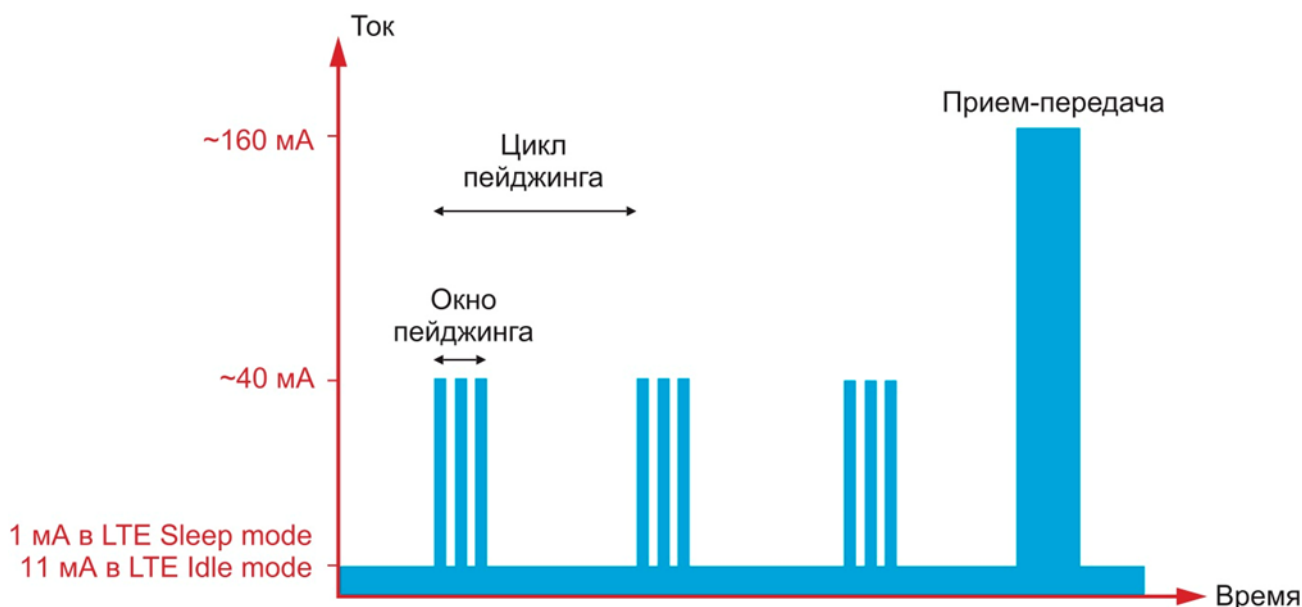


Рисунок 6. Extended idle mode Discontinuous Receiving

Важно заметить, все пакеты от сети, приходящие к абоненту, который на данный момент не слушает канал пейджинга, будут буферизироваться. Это может негативно сказаться на производительности системы, т.к. объем этих пакетов может быстро вырасти при некорректной настройке сервера, что приведет к переполнению буфера и потере пакетов для других абонентов. Поэтому следует синхронизировать таймеры доступности на терминале, EPC и IoT-сервере.

Для уменьшения нагрузки на сеть необходимо настраивать таймера процедуры TAU (T3412) и времени активного приема (T3324) соответственно профилю трафика. Для устройств, которые занимаются мониторингом и не получают от сети срочные команды логично выставлять T3412 немногим больше

периода отправки данных и T3324 немногим больше времени ожидания подтверждения на отправленные данные. Но если датчик выйдет из строя, то это обнаружится не раньше, чем наступит момент отправки следующей партии данных и если данный датчик имеет отношение к критически важным, то вовремя необнаруженная авария может привести к серьезному ущербу. В таком случае можно уменьшить время T3412 для более быстрой реакции на отсутствие сообщений от терминала. Также можно настроить таймера Mobile Reachable Timer и Implicit Detach Timer [3] для удаления контекста при пропуске нескольких процедур TAU от абонента. В таком случае по истечению этих таймеров MME удалит у себя контекст данного абонента и пошлет запросы на удаление в другие узлы ядра сети. И благодаря этому на SCEF или некой M2M платформе, подключенной к EPC, можно будет детектировать отключение устройства.

Таким образом, для корректной и высокоэффективной работы системы необходимо найти баланс между энергопотреблением датчика, нагрузкой на сеть и временем детектирования проблемы и в соответствии с этим подобрать описанные способы оптимизации.

#### References

1. 3GPP TS 23.401. General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access.
2. 3GPP TS 23.682. Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications.
3. 3GPP TR 43.868. GERAN improvements for Machine-Type Communications (MTC).