

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ГЕТЕРОГЕННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТА УДАЛЕННЫХ ВЕЩЕЙ ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Лысогор И.И., Восков Л.С., Ролич А.Ю., Ефремов С.Г.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Одним из глобальных технологических трендов является тренд рационального природопользования и освоения Северного морского пути. В связи с этим особую актуальность приобретает технологическое обеспечение труднодоступных районов арктического региона.

Особенности функционирования технических устройств в арктическом регионе определяются его природными условиями (вечная мерзлота, малое количество солнечной энергии), труднодоступностью и удаленностью от центральной части России, низкими температурами, отсутствием развитой телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей их взаимосвязанную работу. В связи с этим, одной из перспективных направлений развития труднодоступных районов арктического региона является концепция Интернета вещей.

Областью исследования является передача данных в гетерогенной среде Интернета вещей. В работе производится анализ и разработка эффективного метода передачи данных в гетерогенной сети Интернета вещей в труднодоступных районах арктического региона, реализуемого протоколом на представительском уровне модели OSI.

Основными особенностями при передаче данных в Интернете вещей являются требования по энергоэффективности передачи, автономности работы устройств и минимизации объема передаваемых данных. Основным критерием исследуемых протоколов и технологий для передачи данных выступает соотношение между служебными и полезными передаваемыми данными, а также увеличение количества полезных передаваемых данных.

Количество физических объектов Интернета вещей растет экспоненциально и по прогнозам компании Cisco достигнет 50 млрд. устройств до 2020 года [1]. При этом стандартом де-факто для связи физических объектов Интернета вещей являются три основных технологии передачи данных – LoRa, LTE и спутниковые каналы связи. Совместное использование различных каналов связи для передачи данных Интернета вещей (LoRa, LTE, низкоскоростные спутниковые каналы) дает возможность расширить сферу применения технологий Интернета вещей.

Для использования в труднодоступных районах арктического региона, в таких областях, как добыча полезных ископаемых, использование в сельском хозяйстве и грузоперевозки [2], рассматривается гетерогенная сеть, состоящая из сети LoRaWAN [3] и низкоскоростных спутниковых каналов. Разработка протоколов взаимодействия в гетерогенной сети является одним

из основных методов повышения эффективности передачи данных. Таким образом, исследование и разработка методов повышения эффективности взаимодействия в гетерогенной сети Интернета вещей является актуальным и позволяет расширить сферу использования Интернета вещей.

Объектом исследования является передача данных в гетерогенных сетях Интернета вещей. Предметом исследования являются методы и протоколы передачи данных в гетерогенной сети Интернета вещей. Протокол должен обеспечить более эффективную передачу данных по сравнению с существующими протоколами и технологиями. В качестве критерия эффективности принимается объем передаваемых данных. Целью исследования является разработка эффективного метода передачи данных в гетерогенной сети Интернета вещей для труднодоступных районов.

В результате работы была разработана модель использования технологий Интернета вещей (LPWAN [4]) в труднодоступных районах арктического региона, были определены методы представления информации, которые позволяют решить задачу сбора информации с удаленных сенсоров, расположенных в условиях отсутствия традиционных каналов связи и произведена практическая проверка полученных результатов. В работе использовано имитационное моделирование для исследования применимости разных методов представления информации в случае передачи данных Интернета вещей по низкоскоростным каналам спутниковой связи.

Научная новизна и основные результаты исследования:

1. Разработана новая модель гетерогенной сети сбора данных в труднодоступных районах арктического региона [5], отличающейся от известных тем, что на уровне сбора данных включает энергоэффективные технологии Интернета вещей, а на уровне интеграции с глобальной сетью - низкоскоростные спутниковые каналы связи.
2. Разработан новый метод кодирования информации в протоколе представительского уровня в гетерогенных сетях Интернета вещей, отличающегося от известных тем, что в протоколе сеансового уровня модели OSI используется формат Protobuf и упаковка сообщений от датчиков в контейнеры, что позволяет увеличить эффективность передачи данных, за счет сокращения объема передаваемых сообщений в 4,82 раз.
3. Получены результаты экспериментального исследования предложенного метода на имитационной модели и экспериментальном оборудовании, позволяющие сделать вывод об его эффективности при передаче данных.

Метод, предложенный в работе, позволил использовать технологии Интернета вещей в труднодоступных районах арктического региона с использованием службы спутниковых коротких сообщений SBD. Предложенный метод позволил сократить объем и количество SBD

сообщений при передаче данных посредством низкоскоростных спутниковых каналов связи, что позволило снизить стоимость передачи данных в 4,82 раза. Снижение стоимости передачи данных приводит к повышению экономической эффективности использования спутниковых каналов связи для организации сетей передачи данных в труднодоступных районах арктического региона, в которых отсутствует телекоммуникационная инфраструктура. Дальнейшими шагами проведения исследования является исследование методов снижения количества передаваемых данных без уменьшения информационной ценности передаваемых сообщений.

Рассмотренный подход к построению гетерогенных сетей Интернета вещей недавно получил в научной литературе собственное название – Интернет удаленных вещей (Internet of Remote Things, IoRT [6,7]). Для Интернета удаленных вещей использование традиционных моделей и методов по оценке энергоэффективности, балансировке трафика, может приводить к неэффективному расходованию ресурсов, поэтому актуальной является задача разработка новых моделей, методов и алгоритмов. Стремясь определить будущее области исследований, мы определяем ряд задач, которые необходимо решать в рамках парадигмы Интернета удаленных вещей:

1. Разработка теоретических основ энергоэффективного взаимодействия Интернета удаленных вещей и киберфизических систем в условиях неразвитой сетевой инфраструктуры.
2. Исследование сценариев отсутствия или неразвитости сетевой инфраструктуры, обусловленной разными факторами – сложностью развертывания сетей, географической удаленностью районов и др.
3. Исследование и разработка моделей оценки энергоэффективности функционирования систем первичного сбора данных в рамках концепции Интернета удаленных вещей.
4. Исследование и разработка метода взаимодействия интернета удаленных вещей и киберфизических систем, основанного на использовании мобильных стоков сбора данных.
5. Разработка модели оценки энергоэффективности и методов ее повышения для устройств удаленного Интернета вещей, взаимодействующих с глобальной информационной инфраструктурой через спутниковые каналы связи и посреднические платформы данных.
6. Оценка разработанных моделей и методов на примерах систем сбора и передачи обычных и мультимедийных данных, на посреднических платформах, взаимодействующих в рамках глобальной сети Интернета удаленных вещей и киберфизических систем через спутниковые каналы связи и посреднические платформы данных.

7. Формирование единого подхода к определению показателей энергоэффективного взаимодействия Интернета удаленных вещей и киберфизических систем с неразвитой сетевой инфраструктурой, разработать методы оценки и улучшения этих показателей.

Библиография:

1. Если взглянуть на Интернет вещей шире / Cisco // [Электронный ресурс]: Cisco – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/ru_ua/about/press/2015/02-021615c.html, свободный (дата обращения 15.06.2018).
2. SATELLITE TECHNOLOGIES FOR IOT APPLICATIONS / IoTUK // [Электронный ресурс]: Home - IoTUK – Режим доступа: <https://iotuk.org.uk/wp-content/uploads/2017/04/Satellite-Applications.pdf>, свободный. (дата обращения 15.06.2018).
3. Особенности радиопокрытия LoRa / iTech Технологии связи // [Электронный ресурс]: Технологии связи – Режим доступа: <https://itechinfo.ru/content/особенности-радиопокрытия-lora>, свободный (дата обращения 15.06.2018).
4. Строительство сетей LoRa в РФ / iTech Технологии связи // [Электронный ресурс]: Технологии связи – Режим доступа: <https://itechinfo.ru/content/строительство-сетей-lora-в-рф> свободный (дата обращения 15.06.2018).
5. Lysogor I. I., Voskov L., Efremov S. G. Survey of Data Exchange Formats for Heterogeneous LPWAN-Satellite IoT Networks, in: 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Proceedings. M. : IEEE, 2018. P. 1-5
6. De Sanctis, M., Cianca, E., Araniti, G., Bisio, I., Prasad, R. Satellite communications supporting internet of remote things (2016) IEEE Internet of Things Journal, 3 (1), статья № 7289337, pp. 113-123.
7. Bisio, I., Lavagetto, F., Luzzati, G. Cooperative Application Layer Joint Video Coding in the Internet of Remote Things (2016) IEEE Internet of Things Journal, 3 (6), статья № 7568998, pp. 1418-1426