

ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОШИБОК КОНТРОЛЬНОГО СУММИРОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ LPWAN

О.А. Турдиев,

*Ташкентский государственный транспортный университет Ассистент
кафедры «Информационные системы и технологии на транспорте»*

А.А. Азимов,

*Ташкентский государственный транспортный университет Ассистент
кафедры «Информационные системы и технологии на транспорте»*

DOI: <https://doi.org/10.47689/978-9943-7818-0-1-v2-pp123-127>

Аннотация: Методы обнаружения ошибок в каналах связи предназначены для выявления искажений в сообщениях при передаче в условиях шумов [1-4]. Авторами настоящей работы исследован метод передачи избыточной служебной информации, по которой с некоторой степенью вероятности можно судить о достоверности принятых данных. Полученные результаты имеют не только научную, но и методическую ценность. Практическую ценность представляет написанное авторами статьи приложение на языке высокого уровня, позволяющее собрать статистику обнаружения ошибки в передаваемых данных.

Ключевые слова: LPWAN, LoRaWAN, IoT, XNB, протокол, SigFox, NBIoT, энергоэффективная сеть, проверка, циклический избыточный (CRC), коды, технологий, метод, эффективность.

Введение

Компании «РЖД-технологии» (проектный офис цифровой трансформации РЖД) и «РТ-Инвест» (дочерняя структура Госкорпорации Ростех) подписали меморандум о намерениях по созданию специализированной совместной компании – Центра разработки устройств сети LPWAN XNB и технологий в сфере Интернета вещей (IoT) для российской транспортно-логистической отрасли.

Ключевые задачи совместного предприятия – импортозамещение и обеспечение безопасности при решении национальных задач по цифровизации и автоматизации транспортно-логистических процессов.

Как ожидается, отечественные устройства сети LPWAN XNB и технологии на базе IoT обеспечат эффективную систему мониторинга железнодорожных перевозок: контроль состояния путей и элементов подвижного состава, температуры рельсов, обрыва или обледенения контактной сети, мест пересечения с автомобильными дорогами и т.п [5]. Разработки будут применяться и для регулярного отслеживания параметров состояния груза: давления, температуры, герметичности, передачи GPS / ГЛОНАСС-координат, оперативной сигнализации, сохранности пломб [6, 7]. Таким образом становится актуальным направление исследований по технологиям LPWAN, особенно по передаваемым кадрам в канале связи [8].

Основная часть

LPWAN XNB представляет собой отечественный протокол беспроводной связи, созданный компанией «Современные радио технологии» [9]. Он имеет ряд отличий от популярных зарубежных LPWAN-протоколов – NB-IoT и LoRa [10]. Преимуществом протокола является выделенный частотный диапазон 863-865/874-876 МГц [11].

У протокола есть собственный стек технологий, а его дальность связи в городе достигает 10 км, в то время как у зарубежных аналогов она составляет 2-4 км [12]. На открытой местности радиус передачи XNB достигает 50 км [13]. Кроме того, у сигнала XNB высокая проникающая способность – он проходит сквозь бетонные стены, металлические шкафы и подвалы. Упоминается также шифрование по ГОСТу, которое открывает протоколу дорогу на объекты критической инфраструктуры.

XNB не привязан к GSM- и LTE-покрытию, то есть сеть можно развернуть в отсутствие оператора связи на данной местности. Протокол можно масштабировать без ограничений. Его презентация обещала минимальную стоимость контрольных и исполнительных устройств, базовых станций, инфраструктуры, ПО и развертывания сети по сравнению с аналогичными технологиями радиосвязи. Разрешение на использование радиочастот зарубежного протокола LoRa в России ограничено, его управляющие сервера расположены за рубежом. Что касается сетей NB-IoT, то они активно создаются «большой четверкой» российских операторов сотовой связи, однако совместимых конечных устройств для этих сетей на рынке нет, как и российского оборудования под этот протокол.

LPWAN технологии

LPWAN (Low-power Wide-area Network – «энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия») – беспроводная технология передачи небольших по объёму данных на дальние расстояния, разработанная для распределённых сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей. LPWAN является одной из беспроводных технологий, обеспечивающих среду сбора данных с различного оборудования: датчиков, счётчиков и сенсоров.

Есть 2 типа LPWAN сетей – UNB LPWAN (SigFox, Стриж и BABIOT) и WNB (LoRaWAN). У каждого из этих типов сетей есть свои достоинства и недостатки. Технология LoRaWAN спроектирована как универсальная сеть для обеспечения работы двусторонних конечных устройств. Такая универсальность влечет за собой необходимость передачи большого количества служебной информации, что негативно влияет на пропускную способность сети (максимальное количество сообщений в единицу времени).

Сети SigFox, Стриж и BABIOT, в отличие от LoRaWAN, используют сужение полосы спектра сигнала (Ultra Narrow Band) с целью увеличения соотношения сигнал/шум на приемнике и увеличения дальности. В таких сетях основной проблемой является сложность с реализацией обратного канала связи, так как симметричный по дальности обратный канал требует многократно повышенной мощности передатчика базовой станции (сетевого шлюза). Дополнительным недостатком UNB является высокая

чувствительность узкополосной фазовой модуляции к многолучевому распространению, что проявляется в значительном снижении дальности работы на движущихся объектах.

Сравнение LPWAN и NB-IoT

NB-IoT является расширением широко распространенного стандарта передачи данных в сети сотовой связи для устройств IoT и использует существующую инфраструктуру сетей сотовой связи. Особенности NB-IoT являются: большая емкость сети, высокая пропускная способность, работа в лицензируемом диапазоне радиочастот.

Преимущества LPWAN технологий – это использование безлицензионного диапазона радиочастот, большая площадь покрытия одной базовой станцией (сетевым шлюзом), меньшая стоимость конечного устройства IoT, большой срок работы на одном элементе электропитания, простота и невысокая стоимость разворачивания IoT сети. Сравнение технических характеристик приводится в табл.1.

Таблица 1.

Сравнение технологий радиодоступа LPWAN для соединения устройств IoT/M2M

Техническое характеристики	LoRa	SIGFOX	NB-IoT
Метод модуляции	CDMA. TDMA ²	-	OFDMA/DSSS
Диапазон	ISM	ISM	Лицензированный
Скорость	0.3-50 кбит/сек	100 бит/сек	UL: 1-144 кбит/сек DL: 1-200 кбит/сек
Полоса	Широкополос до 500 кГц	Узкополос 100 кГц	Узкополос 200 кГц
Время автономии	10 лет	-	До 10 лет
Частота	868.8 МГц (Европа), 915 МГц (США), 433 МГц (Азия)	868.8 МГц (Европа), 915 МГц (США)	700 / 800 / 900 МГц
Безопасность	AES-64 и 128 бит	AES с HMACs	-
Дальность	До 2.5 км в городе, до 45 км вне города	До 10 км в городе, до 50 км вне города	-
Поддержка	LoRa Alliance, IBM, Cisco, Actility, Semtech	SigFox, Samsung	3GPP, Ericson, Nokia, Huawei, Intel

Структура передаваемых пакетов в сети технологии LoRaWAN

LoRa использует структуру кадра с двумя циклическими кодами проверки избыточности (CRC), используемыми для обнаружения ошибочных пакетов, с CRC, защищающим заголовок, и кодовой последовательностью CRC после полезной нагрузки для защиты кадра. Пакеты, передаваемые в линии вверх (Uplink), используют режим передачи радиопакета LoRa, в который включены физический заголовок LoRa (PHDR) и CRC заголовка (PHDR_CRC). Передаваемый трафик полезной нагрузки защищен

циклическими кодами проверки избыточности CRC. PHDR_CRC и поля полезной нагрузки вставляются радиопередатчиком. Пакет передаваемых данных показан на рис. 1.

Preamble	PHDR	PHDR-CRC	PHYPayload	CRC
----------	------	----------	------------	-----

Рис.1 – Пакет передаваемых данных в сети технологии LoRaWAN

Каждый пакет сообщения в линии вниз отправляется сетевым сервером только на одно конечное устройство LoRa и ретранслируется одним сетевым сервером. В пакетах сообщений в линии вниз используется режим передачи радиопакета, в который включены физический заголовок LoRa (PHDR) и циклический код проверки избыточности заголовка (PHDR_CRC). Пакет передаваемых данных в линии вниз отправления сетевым сервером показан на рис. 2.

Preamble	PHDR	PHDR-CRC	PHYPayload
----------	------	----------	------------

Рис.2 – Пакет передаваемых данных в линии вниз отправления сетевым сервером сети технологии LoRaWAN

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ:

1. Halsall F. Fifth edition, computer networks and the Internet / F. Halsall. – Addison-Wesley: Pearson Education, 2005. – P. 803.
2. Lin S. and Costello D.J. Jr. Error Control Coding: Fundamentals and Applications. Prentice-Hall, Inc., EnglewoodCliffs, N. J., 1983.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2008. – С. 958.
4. Halsall F. Data communications, computer networks and open systems / F. Halsall. – Addison-Wesley: Pearson Education, 1996. – P. 907.
5. Турдиев О.А., Хомоненко А.Д., Гофман М.В. Сравнение моделей вероятного кода числа рнс и циклического избыточного кода crc. / Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. – № 4. – С. 119–131.
6. Turdiev O.A., Smagin V.A., Kustov V.N. Investigation of the computational complexity of the formation of checksums for the cyclic redundancy code algorithm depending on the width of the generating polynomial / В сборнике: CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop 2020. St. Petersburg, 2020. – С. 129–135.
7. Турдиев О.А., Клименко С.В., Тухтаходжаев А.Б. Оценки эффективности обнаружения ошибок контрольного суммирования (crc) передаваемых данных. / Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2019. – № 8. – С. 54–58.
8. Алиев Р.М. Концепция разработки бесстыковых рельсовых цепей // Интерактивная наука. – 2021. – №. 6. – С. 56–57.
9. Aliev R. et al. Research the length of the braking distance for speed and high-speed trains on railway sections // International Journal. – 2020. – Т. 9. – №. 5.

10. Aliev R.M., Tokhirov E.T., Aliev M.M. The Mathematical Model of the Sensor for Monitoring the State of the Track Section with Current Receivers // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). – 2020. – Т. 8. – №. 5. – С. 5634–5637.

11. Aliev M. et al. Four-pole rail coefficients of the jointless track circuit in the presence of one of the ends track circuit insulating joints // Chemical Technology, Control and Management. – 2019. – Т. 2019. – №. 4. – С. 89–92.

12. Guliamova M.K., Aliev R.M. Database Concept, Relevance and Expert Systems // Scientific and Educational Areas Under Modern Challenges. – 2021. – С. 125–127.

13. Aliev R. A Rail line model with distributed parameters of track circuit // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1152. – №. 1. – С. 012018.