

UDC 621.391.8

Andreev R.A., Prasolov A.A., Fedorov A.S. BLER estimation of NB-IoT narrowband physical uplink shared channel

Оценка показателя блочной ошибки восходящего физического канала передачи данных технологии NB-IoT

Andreev Roman Aleksandrovich,

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

Prasolov Aleksandr Aleksandrovich,

Associate Professor of Department of Radio Communication and Broadcasting, Candidate of Engineering Science, SPbSUT

Fedorov Andrey Sergeevich,

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

Андреев Роман Александрович,

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

Прасолов Александр Александрович,

Доцент кафедры радиосвязи и вещания, к.т.н., СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Федоров Андрей Сергеевич,

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

Abstract. According to various forecasts, by 2025 the number of devices connected to IoT networks in one way or another will be from 25 to 50 billion. Given the multitasking of IoT systems, a large number of technologies are required to implement them, including radio technologies, which explains the need for research in the field of noise immunity and noise immunity. NB-IoT is recommended to cellular operators to deploy IoT networks because of a number of features and regulations in the regulatory framework. In this work, the MATLAB software simulated the operation of the downlink narrowband physical channels under various transmission parameters and subcarriers distance, calculated the BLER depending on the signal-to-noise ratio, and presented a comparison of the obtained results and their estimation.

Keywords: NB-IoT, BLER, SNR, NPUSCH.

Аннотация. По различным прогнозам, к 2025 году число устройств, так или иначе подключенных к сетям Интернета Вещей, составит от 25 до 50 миллиардов. Учитывая многозадачность систем Интернета Вещей, требуется использование большого числа технологий для их реализации, в том числе технологий радиосвязи, чем объясняется необходимость проведения исследований в области их помехоустойчивости и помехозащищенности. Одной из таких технологий является NB-IoT, рекомендуемая операторам сотовой связи для разворачивания сетей Интернета Вещей ввиду ряда ее особенностей и существующих положений в нормативно-правовой базе. В данной работе в программном обеспечении MATLAB было проведено моделирование работы узкополосного физического каналов восходящей линий при различных параметрах передачи и расстоянии между поднесущими, расчет показателя блочной ошибки в зависимости от отношения сигнал/шум, а также представлено сравнение полученных результатов и их оценка.

Ключевые слова: NB-IoT, BLER, отношение сигнал/шум, NPUSCH.

DOI 10.54092/25421085_2021_11_99

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

Данная статья является логическим продолжением статьи, описывающей моделирование работы нисходящего канала технологии NB-IoT и в свою очередь посвящена моделированию работы узкополосного восходящего физического канала передачи данных (narrowband physical uplink shared channel, NPUSCH). Прежде, чем перейти непосредственно к описанию и результатам моделирования, имеет смысл привести основные сведения о физическом уровне восходящего канала рассматриваемой технологии.

В технологии NB-IoT для всех восходящих каналов применяется модуляция SC-FDMA, разнос поднесущих может составлять как 15 кГц, так и 3.75 кГц – за его выбор отвечает базовая станция. При расстоянии в 15 кГц структура ресурсного блока идентична структуре, используемой в восходящем канале. При расстоянии в 3.75 кГц также используется 7 OFDM символов, но длина слота составляет уже 2 миллисекунды [1]. Структура слота представлена на рисунке 1 [2].



Рисунок 1. Структура слота NB-IoT в восходящем канале (при разносе поднесущих в 3.75 кГц)

При моделировании работы канала также использовалось ПО MATLAB с встроенным LTE Toolbox. Этапы работы модели идентичны для модели нисходящего [3].

В результате работы модели строится кривая показателя Block Error Rate (BLER) в зависимости от определенных параметров передачи, выбора расстояния между поднесущими и диапазона значений отношения сигнал/шум.

Среди начальных параметров моделирования для дальнейшего проведения моделирования аналогично необходимо задать число транспортных блоков, диапазон отношения сигнал/шум, число повторений работы программы для строящихся кривых, а также разнос между поднесущими.

Для возможного будущего сравнения полученных результатов с результатами моделирования нисходящего канала число транспортных блоков (50),

диапазон значений отношения сигнал/шум (от -20 до 10 дБ с шагом в 5 дБ), число повторений работы модели (1, 2 и 4) остались теми же

Следующим шагом был выбор модуляционно-кодирующих схем для моделирования их работы. В рассматриваемой модели за выбор модуляционно-кодирующей схемы отвечают две переменные – I_{TBS} и I_{SF} . Переменная I_{TBS} непосредственно и определяет модуляционно-кодирующую схему и может принимать значение от 0 до 12. Переменная I_{SF} определяет число субкадров для передачи символов. В совокупности эти два параметра определяют размер транспортного блока в битах. Возможные сочетания данных параметров представлены на рисунке 2.

I_{TBS}	I_{SF}							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	680
5	72	144	224	328	424	504	680	
6	88	176	256	392	504	600		
7	104	224	328	472	584	680		
8	120	256	392	536	680			
9	136	296	456	616				
10	144	328	504	680				
11	176	376	584					
12	208	440	680					

Рисунок 2. Модуляционно-кодирующие схемы

В данной работе были промоделированы сочетания параметров I_{TBS} и I_{SF} , представленные в таблице 1. Выбор был остановлен на этих сочетаниях, поскольку он позволяет оценить работу рассматриваемых каналов при наименьшем, наибольшем и двух усредненных значениях возможных параметров.

Таблица 1

Выбранные модуляционно-кодирующие схемы

I_{TBS}	0				4				8			12	
	0	2	4	7	0	2	4	7	0	2	4	0	2
Размер транспортного блока, бит	16	56	120	256	56	208	328	680	120	392	680	208	680

В результате работы модели были построены кривые, отображающие зависимость показателя BLER от отношения сигнал/шум. Зависимость при разносе поднесущих в 3.75 кГц и 15 кГц представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

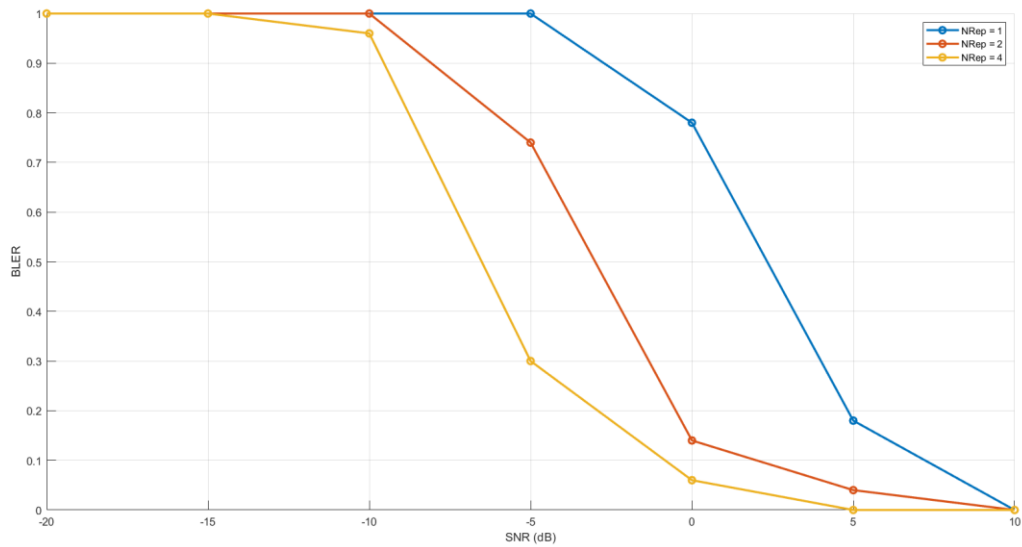


Рисунок 3. Зависимость BLER от SNR (разнос в 3.75 кГц)

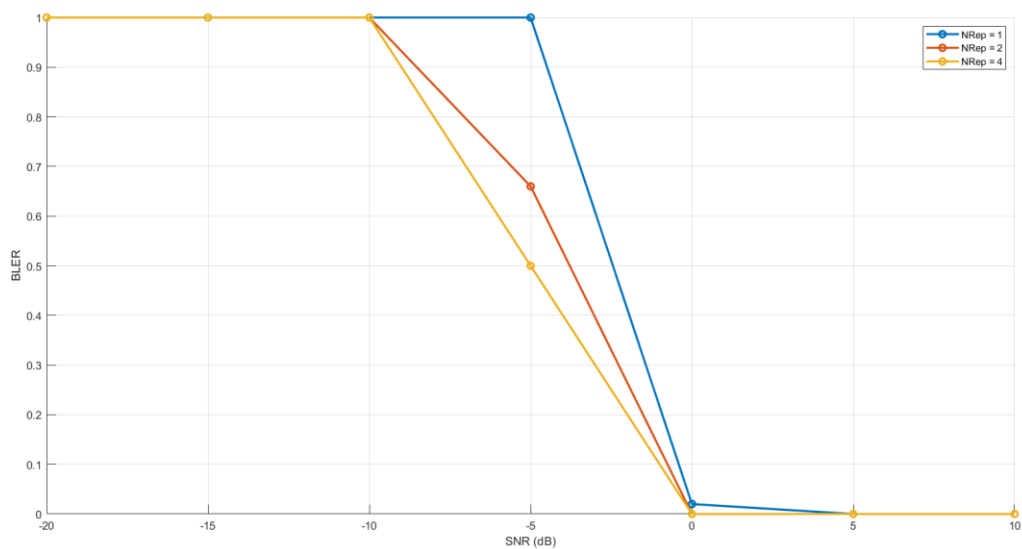


Рисунок 4. Зависимость BLER от SNR (разнос в 15 кГц)

Для удобства результаты расчетов представлены в числовом виде в таблице 2. Согласно [6] для сетей связи четвертого поколения значение показателя BLER является оптимальным, если оно не превышает 10% (в таблице выделены зеленым цветом); значения от 10 до 20% в ряде случаев также можно считать приемлемыми (в таблице выделены желтым); значения, превышающие 20%, являются неприемлемыми (выделены в таблице красным) и в таком случае требуется провести работы по оптимизации параметров сети.

Результаты моделирования зависимости BLER от SNR в режиме Standalone

N_{rep}	Δf , кГц	3,75	15
	SNR, дБ	BLER, %	
1	-20	100	100
	-15	100	100
	-10	100	100
	-5	100	100
	0	78	2
	5	18	0
	10	0	0
2	-20	100	100
	-15	100	100
	-10	100	100
	-5	74	66
	0	14	0
	5	4	0
	10	0	0
4	-20	100	100
	-15	100	100
	-10	96	100
	-5	30	50
	0	6	0
	5	0	0
	10	0	0

В заключение можно сделать следующие выводы:

- Повторная передача транспортных блоков для восходящего канала не является столь же эффективным способом увеличения эффективности, как для нисходящего.
- Удовлетворительный показатель BLER начинается при отношении сигнал/шум в 0 дБ, однако и при данном значении BLER в отдельных случаях остается неудовлетворительным. В Стабильное удовлетворительное значение BLER начинается при отношении сигнал/шум в 5 дБ.

Исследование выполнено в рамках выполнения ПНИ по государственному заданию СПбГУТ на 2021 год.

References

1. J. Schlienz, D. Raddino. Narrowband Internet of Things Whitepaper // Rohde & Schwarz.
2. 3GPP TS 36.211. Physical channels and modulation.
3. MATLAB. NB-IoT NPUSCH Block Error Rate Simulation. URL: <https://www.mathworks.com/help/lte/ug/nb-iot-npusch-block-error-rate-simulation.html>