

13. Копытчук, Н. Б. Построение набора эталонов для повышения точности экспертных оценок [Текст] / Н. Б. Копытчук, П. М. Тишин, И. Н. Копытчук, И. Г. Милейко // ScienceRise. – 2015. – Т. 4, № 2(9). – С. 72–76. doi: 10.15587/2313-8416.2015.41579
14. Копытчук, Н. Б. Построение аппроксимирующей нечеткой зависимости, для определения параметров классификации аномалий, научное издание «Инновации в науке» [Текст] / Н. Б. Копытчук, П. М. Тишин, И. Н. Копытчук, И. Г. Милейко // Сборник статей по материалам XXXVI международной научно–практической конференции. – 2014. – № 8(33). – С. 14–22.

Проведено аналіз додаткових режимів роботи бездротового каналу стандарту IEEE 802.11g, які орієнтовані на підвищення пропускної здатності каналу. Розроблено математичні моделі пропускної здатності бездротового каналу у додаткових режимах. З використанням розроблених моделей проведено дослідження максимальної пропускної здатності бездротового каналу стандарту IEEE 802.11g у додаткових режимах передачі

Ключові слова: бездротовий канал, додаткові режими передачі, математична модель, максимальна пропускна здатність

Проведен анализ дополнительных режимов работы беспроводного канала стандарта IEEE 802.11g, которые ориентированы на повышение пропускной способности канала. Разработаны математические модели пропускной способности беспроводного канала в дополнительных режимах. С использованием разработанных моделей проведено исследование максимальной пропускной способности беспроводного канала стандарта IEEE 802.11g в дополнительных режимах передачи

Ключевые слова: беспроводной канал, дополнительные режимы передачи, математическая модель, максимальная пропускная способность

УДК 004.732

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.42492

АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА В РЕЖИМАХ УСКОРЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

С. А. Нестеренко

Доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой*

E-mail: sa_nesterenko@ukr.net

Ю. С. Нестеренко

Аспирант*

E-mail: ulie_nestro@mail.ru

*Кафедра компьютерных
интеллектуальных систем и сетей

Одесский национальный

политехнический университет

пр. Шевченко 1, г. Одесса, Украина, 65044

1. Введение

Беспроводные технологии семейства IEEE 802.11 широко используются при построении и модернизации современных компьютерных сетей. Бесспорными преимуществами беспроводных технологий являются простота их развертывания и расширения, а также возможность подключения как стационарных, так и мобильных абонентов [1].

Дополнительный интерес к беспроводным технологиям вызывает реализация концепции «интернета вещей», которая в качестве базовой коммуникации «последней мили» использует стандарт IEEE 802.11 [2].

Современные приложения часто предъявляют повышенные требования к пропускной способности беспроводных каналов. Поэтому на этапах проектирования и модернизации беспроводных компьютерных сетей актуальным является задача анализа пропускной способности беспроводных каналов связи в различных режимах их работы.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Одним из беспроводных стандартов, используемых для построения распределенных компьютерных систем, является стандарт IEEE 802.11g [3]. В рамках данной технологии в качестве основного режима для коммуникации используется базовый режим передачи (Base transmission cycle). Однако, ведущие производители интегральных схем для беспроводных устройств, такие как Atheros, Broadcom и Texas Instruments, реализуют в своих изделиях набор дополнительных режимов передачи, ориентированных на повышение пропускной способности беспроводных каналов. Фирма Atheros режимы ускоренной передачи предлагает в рамках своей технологии Super G [4]. Фирма Broadcom ускоренную передачу реализует в своей технологии Xpress [5]. Texas Instruments для ускоренной передачи разработала технологию G-plus [6]. В рамках данных технологий для повышения пропускной способности канала используются режимы компрессии данных,

блочной передачи, объединения кадров и одновременной передачи по нескольким каналам связи [7].

Одной из основных характеристик для оценки производительности сетевых структур является их максимальная пропускная способность (Maximum Channel Throughput – МСТ), которая определяет максимальную пропускную способность канала связи в условиях отсутствия помех и коллизий [8]. Для стандартных режимов передачи стандарта IEEE 802.11g разработаны соответствующие математические модели и проведены исследования МСТ в зависимости от размера передаваемого кадра [9 – 14].

В работах [9, 12] проведена разработка математической модели МСТ для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11. В [11, 13] проведено исследование зависимости МСТ от размера передаваемого кадра. Расчет времени цикла для базового режима передачи приведен в работе [14]. В работе [10] понятие модели МСТ расширено с учетом протокола транспортного уровня и проведен анализ МСТ на транспортном уровне. В работе [11] на базе модели предложенной в [9] проведено исследование МСТ для различных скоростей передачи информации на физическом уровне, которые предусмотрены в стандарте 802.11g.

Для дополнительных режимов, обеспечивающих повышенную пропускную способность, математические модели и исследование *увеличения МСТ по сравнению с базовым режимом передачи отсутствуют*.

3. Цель и задачи исследований

Целью исследования является оценка увеличения пропускной способности беспроводного канала IEEE 802.11g в дополнительных режимах работы по сравнению с базовым циклом передачи.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- проведен анализ дополнительных режимов работы беспроводного канала IEEE 802.11g;
- разработаны математические модели максимальной пропускной способности беспроводного канала в дополнительных режимах;
- с использованием разработанных моделей проведено исследование максимальной пропускной способности беспроводного канала в дополнительных режимах.

4. Анализ дополнительных режимов повышения пропускной способности

В качестве дополнительных режимов стандарта IEEE 802.11g используются следующие четыре режима [4].

1. Режим компрессии данных (Compression Mode – CM). Выполняется сжатие передаваемых данных с использованием стандартного алгоритма Lempel Ziv. Повышение пропускной способности происходит за счет уменьшения размера и, следовательно, времени передачи блока данных.

2. Режим блочной передачи (Bursting Mode – BM). Выполняется последовательная передача блока кадров

между передатчиком и приемником. Это позволяет удалить ряд межкадровых промежутков (Distributed InterFrame Space – DIFS) и (Back off period – BOP), что повышает пропускную способность канала. Очевидно, что пропускная способность зависит от размера блока w , который определяет количество кадров, передаваемых в рамках одного блока.

3. Режим объединения кадров (Fast Frames – FF). Выполняется передача в одном кадре нескольких кадров. Это позволяет уменьшить количество заголовков кадров и количество межкадровых пауз, что повышает пропускную способность канала.

4. Одновременная передача по двум каналам связи (Dynamic Turbo – DT). Повышение пропускной способности происходит за счет параллельной передачи по двум каналам связи.

5. Построение математических моделей максимальной пропускной способности для режимов ускоренной передачи

В качестве исходной модели пропускной способности беспроводного канала используется известная модель [9, 11, 13] для базового цикла передачи (Base transmission cycle – BTC), который наиболее часто используется в беспроводных сетях [12]. Процедура передачи кадра в данном режиме может быть представлена в виде следующей последовательности временных интервалов [11]:

$$\text{DIFS} \rightarrow \text{BOP} \rightarrow \text{DF} \rightarrow \text{SIFS} \rightarrow \text{ACK},$$

где DIFS, BOP и SIFS (Small InterFrame Space) межкадровые интервалы, DF – кадр данных, ACK – кадр подтверждения.

Тогда время передачи кадра для базового цикла передачи может быть представлено в виде [12]:

$$T_{\text{BTC}} = T_{\text{DIFS}} + T_{\text{BOP}} + T_{\text{DATA}} + T_{\text{SIFS}} + T_{\text{ACK}}, \quad (1)$$

где T_{DIFS} , T_{BOP} , T_{SIFS} – длительность соответствующих межкадровых интервалов, T_{DATA} , T_{ACK} – время передачи кадра данных и кадра подтверждения.

С учетом структуры передачи кадров по физическому каналу время передачи кадра данных определено в стандарте в следующем виде [3]

$$T_{\text{DATA}} = T_{\text{Preamble}} + T_{\text{PHeader}} + \lceil L_{\text{MSDU}} / DR \rceil, \quad (2)$$

где T_{Preamble} , T_{PHeader} – время передачи преамбулы и заголовка кадра по физическому каналу, $\lceil \cdot \rceil$ – ближайшее большее целое, L_{MSDU} – длина информационного поля кадра данных, DR – скорость передачи по физическому каналу.

Время передачи кадра подтверждения определено в стандарте [3] как

$$T_{\text{ACK}} = T_{\text{Preamble}} + T_{\text{PHeader}} + \lceil L_{\text{ACK}} / DR \rceil, \quad (3)$$

где L_{ACK} – длина кадра подтверждения.

Используя выражения (1)–(3) можно выразить максимальную пропускную способность [14] для базового цикла передачи MCT_{BTC} в виде

$$MCT_{BTC} = \frac{L_{MSDU}}{T_{DIFS} + T_{DATA} + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{BOP}}. \quad (4)$$

С учетом особенностей реализации режимов повышения пропускной способности беспроводного канала, на базе выражения (4), можно построить математические модели для каждого из этих режимов.

При использовании режима компрессии (Compression Mode – CM) происходит уменьшение информационного поля кадра

$$L_{MSDU}^C = K_C \cdot L_{MSDU},$$

где L_{MSDU}^C – размер информационного поля кадра после сжатия, K_C – коэффициент компрессии.

Время передачи сжатого кадра запишется в виде

$$T_{DATA}^C = T_{Preamble} + T_{PHheader} + \left[L_{MSDU}^C / DR \right].$$

Выражение для максимальной пропускной способности беспроводного канала для режима компрессии данных MCT_{CM} будет иметь вид

$$MCT_{CM} = \frac{L_{MSDU}}{T_{DIFS} + T_{DATA}^C + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{BOP}}. \quad (5)$$

В режиме блочной передачи (Bursting Mode – BM) межкадровые паузы DIFS и Back of Period используются только в начале блока передачи информации. Если размер блока равен w кадров, то время цикла передачи кадра T_{BM} будет иметь вид

$$T_{BM} = (T_{DIFS} + T_{BOP}) / w + T_{DATA} + T_{SIFS} + T_{ACK}.$$

Выражение для максимальной пропускной способности беспроводного канала для режима блочной передачи данных MCT_{BM} запишется в виде

$$MCT_{BM} = \frac{L_{MSDU}}{(T_{DIFS} + T_{BOP}) / w + T_{DATA} + T_{SIFS} + T_{ACK}}. \quad (6)$$

В режиме объединения кадров (Fast Frames – FF) можно передавать кадры L_{MSDU}^F увеличенного размера

$$L_{MSDU}^F = f \cdot L_{MSDU},$$

где f – коэффициент увеличения размера кадра.

Время передачи кадра T_{DATA}^F и выражение для максимальной пропускной способности беспроводного канала для режима объединения кадров MCT_{FF} запишутся в виде

$$T_{DATA}^F = T_{Preamble} + T_{PHheader} + L_{MSDU}^F / DR,$$

$$MCT_{FF} = \frac{L_{MSDU}}{T_{DIFS} + T_{DATA}^F + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{BOP}}. \quad (7)$$

В режиме одновременной передачи по двум каналам связи (Dyamic Turbo – DT) скорость передачи повышается в два раза, что уменьшает время передачи кадра T_{DATA}^D

$$T_{DATA}^D = T_{Preamble} + T_{PHheader} + L_{MSDU} / 2 \cdot DR.$$

Выражение для максимальной пропускной способности беспроводного канала для режима одновременной передачи по двум каналам связи MCT_{DT} запишется в виде

$$MCT_{DT} = \frac{L_{MSDU}}{T_{DIFS} + T_{DATA}^D + T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{BOP}}. \quad (8)$$

Выражения (5)–(8) являются математическими моделями максимальной пропускной способности беспроводного канала для соответствующих режимов ускоренной передачи данных стандарта IEEE 802.11g.

6. Анализ максимальной пропускной способности беспроводного канала

Используя предложенные математические модели (5)–(8), выполним анализ максимальной пропускной способности беспроводного канала IEEE 802.11g в зависимости от размера передаваемого кадра для различных режимов ускоренной передачи данных.

Для режима Compression Mode будем проводить анализ для максимального значения коэффициента компрессии K_C , который для используемого алгоритма сжатия Lempel-Ziv составляет 0,5. Зависимость MCT от размера передаваемого кадра L_{MSDU} приведена на рис. 1. Для сравнения на графике показано значение MCT для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

Анализ графиков показывает, что режим Compression Mode особенно эффективен при передаче кадров максимального размера 1500 байт. В этом случае режим Compression Mode обеспечивает максимальную пропускную способность 42,6 Мб/с, что на 35 % больше, чем для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

В режиме блочной передачи Bursting Mode пропускная способность зависит от размера передаваемого блока w .

Проведем анализ MCT для блоков малого размера ($w=2$), среднего размера ($w=5$) и большого размера ($w=10$). Определим, также, верхнюю границу MCT для данного режима передачи ($w \rightarrow \infty$). График зависимости MCT для различных размеров кадра приведен на рис. 2.

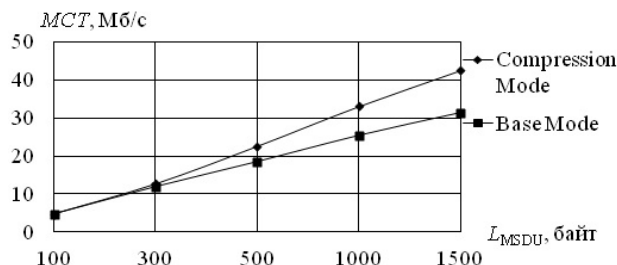


Рис. 1. График MCT для режима Compression Mode

Анализ MCT для режима Bursting Mode показывает, что при размере передаваемого блока $w=10$ пропускная способность беспроводного канала стремится к своей верхней границе ($w \rightarrow \infty$) и составляет 40,5 Мб/с, что на 33 % больше, чем для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

В режиме объединения кадров Fast Frames можно передавать кадры максимального размера до 3 Кбайт. Будем анализировать пропускную способность беспроводного канала при передаче кадров в диапазоне от 1 до 3 Кбайт.

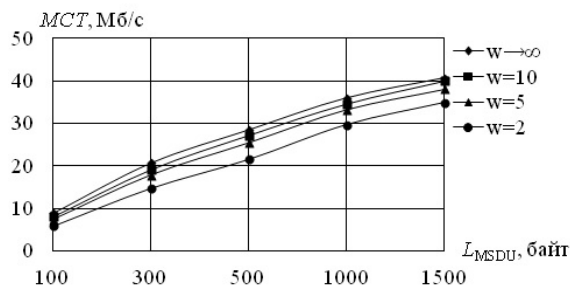


Рис. 2. График МСТ для режима Bursting Mode

График зависимости МСТ для различных размеров кадра приведен на рис. 3.

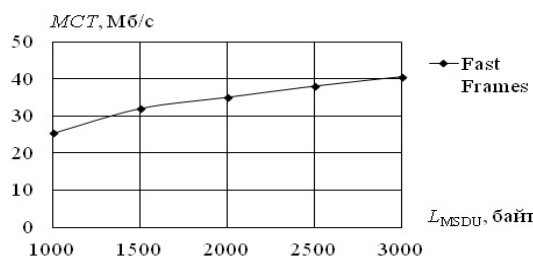


Рис. 3. График МСТ для режима Fast Frames

Анализ МСТ для режима Fast Frames показывает, что при передаче кадров максимального размера (3 Кбайта) обеспечивается максимальная пропускная способность 41 Мб/с, что на 35 % выше, чем для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

График зависимости МСТ для различных размеров кадра в режиме Dynamic Turbo приведен на рис. 4. Для сравнения на графике показано значение МСТ для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

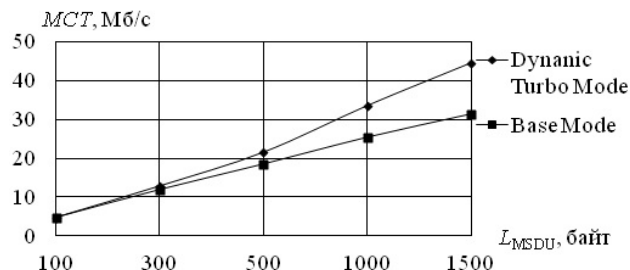


Рис. 4. График МСТ для режима Dynamic Turbo

Анализ МСТ для режима Dynamic Turbo показывает, что при передаче кадров максимального размера обеспечивается максимальная пропускная способность 46 Мб/с, что на 50 % выше, чем для базового цикла передачи стандарта IEEE 802.11g Base Mode.

7. Выводы

В статье проведено построение математических моделей максимальной пропускной способности беспроводного канала для режимов повышения пропускной способности для стандарта IEEE 802.11g: Compression Mode, Bursting Mode, Fast Frames и Dynamic Turbo. Математические модели в аналитическом виде выражают зависимость максимальной пропускной способности беспроводного канала от размера информационного кадра и длительности цикла передачи.

Проведено исследование пропускной способности беспроводного канала IEEE 802.11g для данных режимов передачи. Анализ показал, что данные режимы обеспечивают увеличение максимальной пропускной способности беспроводного канала от 33 % до 50 % по сравнению с базовым циклом передачи Base Mode стандарта IEEE 802.11g. Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования данных режимов для повышения пропускной способности беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11g и определяют возможный диапазон увеличения пропускной способности.

Литература

1. Cisco wireless LAN design [Electronic resource] / Cisco White Paper, 2008. – 14 p. – Available at: http://www.cisco.com/web/about/ciscoitnetwork/downloads/ciscoitnetwork/pdf/Cisco_IT_Wireless_LAN_Design_Guide.pdf
2. Wireless connectivity for the Internet of Things [Electronic resource] / Texas Instruments White Paper, 2014. – 14 p. – Available at: <http://www.ti.com/lit/wp/slay028/slay028.pdf>
3. IEEE 802.11 standard, Part 11 [Text] / Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2012. – 1534p.
4. Super G maximizing wireless performance [Electronic resource] / Atheros White Paper, 2004. – 20 p. – Available at: http://www.digicom.it/italiano/supporto/WhitePaper/Wireless108M_whitepaper.pdf
5. Xpress Technology: Maximizing Performance in 802.11 Wireless Lans [Electronic resource] / Broadcom White Paper, 2004. – 8 p. – Available at: http://www.icg.isy.liu.se/courses/tsin01/material/WP2_Xpress-030617.pdf
6. TI G-plus (802.11g+) Performance-Enhancing Technology [Electronic resource] / TI White paper, 2004. – 12 p. – Available at: http://focus.ti.com/pdfs/bcg/80211g_plus_wp.pdf
7. Atheros wireless LAN [Electronic resource] / Toshiba White Paper, 2004. – 4 p. – Available at: <http://www.pdfdrive.net/atheros-wireless-lan-e3555704.html>
8. 802.11 Wireless LAN Performance [Electronic resource] / Qualcomm White Paper, 2013. – 13 p. – Available at: http://www.qca.qualcomm.com/wp-content/uploads/.2013/10/Atheros_range_whitepaper_whitepaper.pdf

9. Jun, J. Theoretical Maximum Throughput of IEEE 802.11 and its Applications [Text] / J. Jun, P. Peddabachagari, M. Sichi-tiu // Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Network Computing and Applications, 2003. – P. 121–129. doi: 10.1109/nca.2003.1201163
10. Barbosa, M. The Theoretical Maximum Throughput Calculation for the IEEE802.11g Standard [Text] / M. Barbosa, J. Bordim // International Journal of Computer Science and Network Security. – 2011. – Vol. 11, Issue 4. – P. 136–143.
11. Nesterenko, S. Analysis of IEEE 802.11g wireless channel maximum throughput [Text] / S. Nesterenko, I. Nesterenko // Electrotechnic and Computer Systems. – 2015. – Vol. 2. – P. 42–46.
12. Khan, M. Evaluating the performance of IEEE 802.11 WLAN using DCF with RTS/CTS mechanism [Text] / M. Khan, T. Khan, M. Beg // International Journal of Electrical, Electronics & Comm. Eng. – 2013. – Vol. 2. – P. 264–271.
13. Sharma, R. Comparison of performance analysis of 802.11a, 802.11b and 802.11g standard [Text] / R. Sharma, G. Singh, R. Agnihorti // International Journal on Computer Science and Engineering. – 2010. – Vol. 02. – P. 2042–2046.
14. Potorac, A. An Efficiency Optimization Model for 802.11 Wireless Communication Channels [Text] / A. Potorac, A. Onofrei, D. Balan // Electronics and Electrical Engineering. – 2010. – Vol. 1. – P. 67–71.

В роботі розглянуто один з ефективних підходів до вирішення науково-практичної задачі підвищення точності первинних електричних вимірювальних перетворювачів. Проаналізовано застосування тестових випробувань при бездемонтажному контролі у робочих режимах з використанням реляційно-різницевої операторів корекції. Розроблено інженерний метод визначення параметрів, який дозволяє вирішити задачу синтезу та аналізу систем тестового контролю

Ключові слова: тестовий контроль, електричні вимірювальні перетворювачі, дробово-раціональна функція перетворення, похибка нелінійності

В работе рассмотрен один из эффективных подходов к решению научно-практической задачи повышения точности первичных электрических измерительных преобразователей. Проанализировано применение тестовых испытаний при бездемонтажном контроле в рабочих режимах с использованием реляционно-разностных операторов коррекции. Разработан инженерный метод определения параметров, который позволяет решить задачу синтеза и анализа систем тестового контроля

Ключевые слова: тестовый контроль, электрические измерительные преобразователи, дробно-рациональная функция преобразования, погрешность нелинейности

УДК 681.2.08:53.088

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43325

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ У ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

С. І. Кондрашов

Доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедрою*

E-mail: ksi@kpi.kharkov.ua

І. В. Григоренко

Кандидат технічних наук, професор*

E-mail: grigmaestro@gmail.com

М. І. Опришкіна

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: flaming541@yandex.ua

М. В. Трохін

Старший викладач*

E-mail: m.trokhin1@gmail.com

*Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій і систем
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

Сучасні інформаційно-вимірювальні системи висувають все більш високі вимоги до точності вимірювань. Проте технічні характеристики таких систем швидко застарівають і не задовольняють метрологічним потребам виробництва.

Існуючі автоматизовані системи контролю та керування (АІСКК) технологічними процесами не можуть вносити коригувальні дії в реальних умовах експлуатації обладнання, виконавчих механізмів, перетворювачів інформації, оскільки неможливо фіксувати деградацію їх технічних характеристик, як функцію часу і параметрів навколишнього середовища [1, 2].